

**KINERJA REAKTOR ELEKTROKIMIA BATCH ALUMINIUM
BESI DENGAN VARIASI RASIO ELEKTRODA CAIRAN
UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH BATIK**

TUGAS AKHIR

Disusun sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md.)
pada Program Studi DIII Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh :

AFIF MUCHSHON

NIM I8711002

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2014

HALAMAN PERSETUJUAN

KINERJA REAKTOR ELEKTROKIMIA BATCH ALUMINIUM BESI DENGAN VARIASI RASIO ELEKTRODA CAIRAN UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH BATIK

TUGAS AKHIR

Disusun sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md.)
pada Program Studi DIII Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh :

AFIF MUCHSHON
NIM I8711002

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran
Program Studi DIII Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Persetujuan:
Dosen Pembimbing

Ir. Budi Utomo, MT.
NIP 19600629 198702 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

KINERJA REAKTOR ELEKTROKIMIA BATCH ALUMUNUM BESI DENGAN VARIASI RASIO ELEKTRODA CAIRAN UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH BATIK

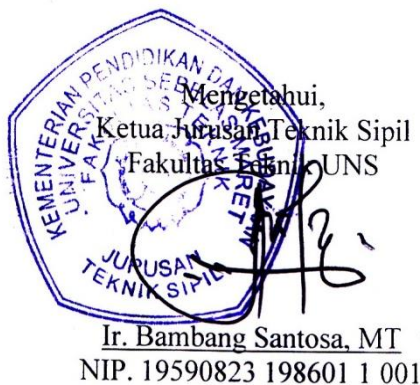
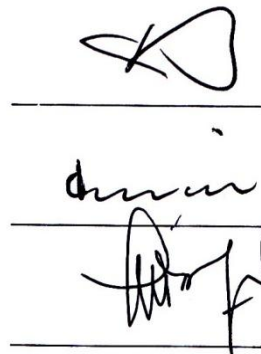
TUGAS AKHIR

Disusun oleh :

AFIF MUCHSHON
NIM 18711002


Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran Program Studi Diploma III Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada : **Rabu, 18 Juni 2014**

1. Ir. Budi Utomo, M.T.
NIP. 19600629 198702 1 002
2. Ir. Siti Qomariyah, M.Sc.
NIP. 19580615 198501 2 001
3. Ir. Koosdaryani Soeryo Darundio, M.T.
NIP. 19541127 198601 2 001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS
Ir. Bambang Santosa, MT
NIP. 19590823 198601 1 001

Disahkan,
Ketua Program Studi DIII Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS



Achmad Basuki, ST. MT
NIP 19710901 199702 1 001

MOTTO

Kecil terbina, muda berkarya, dewasa bahagia, tua sejahtera, mati masuk surga (Ubaidah)

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan pada dunia pendidikan dengan khazanah wawasan yang selalu berkembang mengikuti peradaban.

ABSTRAK

Afif Muchshon, 2014. **Kinerja REB-AB dengan Variasi Rasio Elektroda Cairan untuk Pengolahan Air Limbah Batik**. Tugas Akhir Program Studi Diploma III Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Air limbah dari industri batik tidak boleh dialirkan secara sembarangan ke lingkungan, baik melalui saluran pembuangan terbuka maupun langsung ke badan air. Hal ini dikarenakan air limbah batik mengandung beberapa zat berbahaya yang dapat mencemari lingkungan. Untuk itu diperlukan upaya-upaya strategis untuk mengelola air limbah industri batik agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi ekosistem. Ada beberapa parameter yang harus dipenuhi sebelum air buangan/air limbah dialirkan ke badan air. Peraturan ambang batas persyaratan harus dilaksanakan terkait spesifikasi jumlah bahan pencemar (polutan) yang dibuang disebut Baku Mutu. Air limbah batik harus memenuhi standard air buangan (*effluent standard*) sebelum masuk ke badan air penerima.

Untuk mendapatkan standard air buangan maka air limbah industri batik harus melalui proses pengolahan. Untuk membantu permasalahan yang dialami oleh industri kecil pengrajin batik maka dilakukan penelitian mengenai inovasi alat pengolahan air limbah industri batik berupa reaktor elektrokimia. Penelitian ini menganalisis kinerja model Reaktor Elektrokimia Batch (REB) dengan anoda Alumunium (A) dan katoda Besi (B), yang selanjutnya disingkat menjadi REB-AB. Dengan melakukan penelitian variasi Rasio Elektroda Cairan (REC) sehingga menghasilkan komponen yang efisien untuk bisa diaplikasikan pada industri batik skala rumah tangga.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan Jurusan Teknik Sipil, dan Laboratorium Proses Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UNS. Metode pengolahan data menggunakan perhitungan analisis data numerik dan persamaan-persamaan dari teori yang berhubungan.

Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara besar REC terhadap laju penggunaan daya, timbunan suhu, dan efisiensi. Untuk komponen yang ditinjau pada penelitian ini menghasilkan komponen paling optimal adalah 2AB11-5 dengan REC 7,2 dan jarak elektroda 1,5 cm yang menghasilkan efisiensi sebesar 83,16%.

Kata kunci :

limbah, reaktor, alumunium, besi, arus, suhu, dan efisiensi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT, yang telah berkenan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini menyajikan kinerja Reaktor Elektrokimia Batch Alumunium Besi (REB-AB) dengan variasi Rasio Elektroda Cairan (REC) untuk pengolahan air limbah batik. Hal ini dimaksudkan agar dalam proses produksi suatu industri batik tidak mencemari lingkungan ekosistem air akibat pembuangan air limbah batik ke badan air tanpa melakukan proses pengolahan (*treatment*). Sehingga diperoleh komponen reaktor elektrokimia yang efektif dan efisien serta mampu dimanfaatkan oleh kalangan industri batik.

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Ir. Budi Utomo, M.T. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan masukan, kritik, saran, dan arahan dalam proses penulisan Tugas Akhir ini. Selanjutnya ucapan terima kasih kepada Ir. Siti Qomariyah, M.Sc. dan Ir. Koosdaryani Soeryo Darundio, M.T. yang telah menguji Tugas Akhir ini sehingga layak disajikan sebagai karya ilmiah akademik. Tidak lupa ucapan terima kasih kepada Lindha Dewi Untari, Rochmad Sulistyanto Kuncoro, dan Suci Alfian Flurianti yang telah berdedikasi tinggi dalam masa penelitian untuk mengumpulkan data pada proses penulisan Tugas Akhir ini.

Akhirnya saya menyadari bahwa keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang saya miliki, sehingga dalam penulisan Tugas Akhir ini terdapat beberapa kekurangan, maka saya mengharap adanya kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat.

Surakarta, Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat	4
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 Pengertian Air Limbah.....	5
2.1.2 Parameter Air Limbah.....	5
2.1.3 Air Limbah Industri	6
2.1.4 Pengolahan Air Limbah	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Teori Elektrokimia.....	7
2.2.2 Teori Faraday.....	8
2.2.3 Deret Volta	9
2.2.4 Flotasi.....	10
2.2.5 Adsorpsi	12
2.2.6 Reaktor Batch.....	15
2.2.7 Rasio Elektroda Cairan (REC)	15

2.2.8 Spektrofotometri	16
2.3 Penelitian yang Relevan	18
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian.....	20
3.2 Lokasi Penelitian	20
3.3 Objek Penelitian	20
3.4 Langkah-langkah Penelitian.....	20
3.5 Alat dan Bahan.....	21
3.5.1 Alat	21
3.5.2 Bahan.....	21
3.6 Prosedur Penelitian.....	24
3.6.1 Menyiapkan Alat dan Bahan.....	24
3.6.2 Mengolah Air Limbah dengan REB-AB	24
3.6.3 Mengeluarkan Air Limbah yang telah Diolah	25
3.6.4 Meneliti Kandungan Polutan dengan Spektrofotometer	27
3.7 Mengolah Data	28
3.8 Menyusun Laporan.....	28
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Hasil Penelitian.....	30
4.2 Analisis dan Pembahasan	31
4.2.1 Penggunaan Arus	31
4.2.2 Suhu	34
4.2.3 Efisiensi.....	36
4.2.4 Kumulatif Analisis	39
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN.....	xiii

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis-jenis Adsorpsi	13
Tabel 4.1	Hasil Penelitian Suhu, Arus, dan Tegangan.....	30
Tabel 4.2	Hasil Pengujian dengan Spektrofotometer.....	31
Tabel 4.3	Daya yang Digunakan REB-AB	33
Tabel 4.4	Hasil Pengujian dengan Spektrofotometer.....	37
Tabel A.1	Data Hasil Spektrofotometer.....	xiv
Tabel A.2	Data Penggunaan Daya	xv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Sel Elektrolisis.....	8
Gambar 2.2	Contoh Pengapungan Zat dari Proses Flotasi	8
Gambar 2.3	Deret Volta	9
Gambar 2.4	Skematika Pelekatan Mineral-Gelembung.....	11
Gambar 2.5	Ilustrasi Adsorpsi	14
Gambar 3.1	Ilustrasi Bak Reaktor.....	21
Gambar 3.2	Pelat Aluminium dan Besi	21
Gambar 3.3	<i>Step-down Trafo</i>	22
Gambar 3.4	<i>Clamp Meter</i>	22
Gambar 3.5	Gelas Bekker	23
Gambar 3.6	Termometer	23
Gambar 3.7	Merangkai Komponen Reaktor	24
Gambar 3.8	Menuangkan Air Limbah	24
Gambar 3.9	Mengukur Penggunaan Daya Listrik	25
Gambar 3.10	Memisahkan Floc	25
Gambar 3.11	Mengeluarkan Air Limbah Olahan	26
Gambar 3.12	Proses Pendinginan	26
Gambar 3.13	Memasukkan pada Botol Sampel.....	27
Gambar 3.14	Spektrofotometer.....	28
Gambar 3.15	Diagram Alir Metode Penelitian	29
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Tinggi Elektroda dan Arus Listrik	32
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Tinggi Elektroda dan Penggunaan Daya..	33
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Tinggi Elektroda dan Suhu	34
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Jarak Elektroda dan Suhu.....	35
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Tinggi Elektroda dan Efisiensi.....	37
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Jarak Elektroda dan Efisiensi.....	38
Gambar 4.7	Grafik Kumulatif Analisis Tiap Rangkaian	39
Gambar A.1	Sampel in dan Hasil Pengolahan dengan REB-AB REC 4,8	xv
Gambar A.2	Hasil Pengolahan dengan REB-AB REC 7,2.....	xvi
Gambar A.3	Penggumpalan Zat Terlarut saat Proses Pendinginan	xvi

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia kurang diimbangi dengan perkembangan kualitas lingkungan. Proses produksi industri sering kali menghasilkan barang sisa atau yang biasa disebut limbah. Limbah terdiri dari limbah padat, limbah cair, dan limbah bahan beracun berbahaya (B3). Apapun bentuk limbah, apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan permasalahan, baik dari segi sosial maupun segi lingkungan. Industri besar dimungkinkan telah menerapkan standardisasi dalam mengelola limbah. Disisi lain, industri kecil atau industri rumah tangga yang memiliki modal relatif kecil akan sulit mengikuti regulasi yang telah ada. Sehingga pengelolaan limbah oleh industri kecil memerlukan inovasi agar tidak melanggar regulasi yang berlaku.

Industri batik tulis, khususnya di Kota Solo, sebagian besar adalah industri kecil atau industri rumah tangga. Proses produksi batik dimulai dari pembuatan sketsa corak batik, penutupan sketsa corak batik dengan lilin batik cair, pewarnaan kain, penghilangan lilin batik penutup corak (Jawa : *nglorot*), pengeringan dan diakhiri dengan proses penyelesaian. Dalam proses pewarnaan dan penghilangan lilin batik penutup corak batik, industri batik memerlukan air dengan volume yang tidak sedikit. Semakin banyak produksi batik maka semakin besar volume air yang dibutuhkan sehingga semakin besar pula volume air limbah yang dihasilkan. (Sari, N.K, 2011)

Menurut Sugiharto (1987) air limbah dari industri batik tidak boleh dialirkan secara sembarangan ke lingkungan, baik melalui saluran pembuangan terbuka maupun langsung ke badan air. Hal ini dikarenakan air limbah industri batik mengandung beberapa zat berbahaya yang dapat mencemari lingkungan. Sehingga diperlukan upaya-upaya strategis untuk mengelola air limbah industri batik agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi ekosistem lingkungan. Dalam upaya menanggulangi dampak negatif pencemaran lingkungan tersebut, pemerintah telah menerbitkan beberapa peraturan perundang-undangan dan peraturan terkait agar

kelestarian ekosistem tetap terjaga. Ada beberapa parameter yang harus dipenuhi sebelum air buangan/air limbah dialirkan ke badan air. Peraturan ambang batas persyaratan harus dilaksanakan yang berisi mengenai spesifikasi jumlah bahan pencemar (polutan) yang dibuang disebut Baku Mutu. Sehingga air limbah industri batik harus memenuhi standard air buangan (*effluent standard*) sebelum masuk ke badan air penerima. Untuk mendapatkan standard air buangan maka air limbah industri batik harus melalui proses pengolahan. Untuk membantu permasalahan yang dialami oleh industri kecil pengrajin batik maka dilakukan penelitian mengenai inovasi alat pengolahan air limbah industri batik berupa reaktor elektrokimia. Penelitian ini menganalisis kinerja model Reaktor Elektrokimia Batch (REB) dengan anoda Alumunium (A) dan katoda Besi (B), yang selanjutnya disingkat menjadi REB-AB, yang efisien untuk bisa diaplikasikan pada industri batik skala rumah tangga.

REB-AB memanfaatkan energi listrik yang dialirkan melalui air limbah batik sebagai elektrolit. Energi listrik yang digunakan adalah listrik yang searah (DC). Hal ini masih menyisakan kendala dalam perancangan reaktor yang mampu diaplikasikan dalam industri pengrajin batik. Karena REB-AB menimbulkan panas akibat proses yang melibatkan arus listrik. Sehingga diperlukan analisis pada variasi komponen yang memiliki tingkat efisiensi optimal. Komponen yang dijadikan objek analisis adalah elektroda, yakni anoda sebagai elektroda bermuatan positif dan katoda sebagai elektroda bermuatan negatif.

Dengan mengalirnya arus listrik DC pada rangkaian REB-AB, akan menghasilkan gerakan ion-ion bermuatan. Selama arus listrik mengalir melalui elektrolit, arus listrik memberikan energi untuk menjalankan reaksi oksidasi dan reduksi. Ion-ion yang bermuatan bergerak setelah arus listrik mengalir dalam elektrolit. Ion positif bergerak menuju elektroda negatif (katoda) dan ion negatif bergerak menuju elektroda positif (anoda). Saat ion-ion bermuatan bersinggungan dengan elektroda akan terjadi reaksi elektrokimia. Pada elektroda positif (anoda), ion negatif melepaskan elektron dan teroksidasi. Sedangkan pada elektroda negatif (katoda), ion positif menangkap elektron dan tereduksi. Dalam proses reaksi oksidasi dan reduksi inilah muncul gelembung-gelembung udara. Gelembung udara akan

mengikat kandungan-kandungan yang ada pada larutan elektrolit atau air limbah batik, termasuk mengikat kandungan logam berat yang mungkin ada pada air limbah batik. Kemudian kandungan-kandungan yang terikat pada gelembung-gelembung udara itu akan terangkat ke permukaan dan mengapung. Setelah terangkat ke permukaan maka kandungan-kandungan yang terikat pada gelembung-gelembung udara tadi akan berbentuk seperti lumpur, tetapi lumpur yang mengapung, yang disebut sebagai flok. (Susilo, H.B, 2013)

1.2. Rumusan Masalah

Berdasar latar belakang yang diuraikan pada subbab sebelumnya, maka dapat disusun suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa efisiensi REB-AB dengan variasi Rasio Elektroda Cairan (REC) dalam proses pengolahan air limbah batik selama 50 menit?
2. Berapa besar arus listrik (I) dan suhu (T) yang terjadi pada pengolahan air limbah batik selama 50 menit?

1.3. Tujuan

Analisis yang dilakukan dalam proses pengolahan air limbah batik dengan REB-AB ini antara lain :

1. Mengetahui efisiensi REB-AB dengan variasi Rasio Elektroda Cairan (REC) dalam proses pengolahan air limbah batik selama 50 menit.
2. Mengetahui penggunaan arus listrik dan suhu yang ditimbulkan untuk mengoperasikan reaktor selama 50 menit.

1.4. Batasan Masalah

Agar analisis berjalan sistematis dan tidak melebar maka analisis memberikan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pengolahan air limbah industri batik dengan REB-AB skala laboratorium.
2. Tinjauan efisiensi serapan gelombang cahaya spektrofotometer.
3. Elektroda yang digunakan adalah alumunium (A) pada anoda dan besi (B) pada katoda.
4. Variasi yang ditinjau meliputi REC 9,6; 7,2; dan 4,8 dan jarak elektroda 1,5 cm dan 2 cm.

1.5. Manfaat

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini diharapkan menghasilkan komposisi komponen-komponen REB-AB yang mampu bekerja paling efisien dan terjangkau bagi kalangan industri rumah tangga sehingga limbah yang dihasilkan oleh industri rumah tangga dapat terkelola dengan baik dan tidak menimbulkan permasalahan baru pada lingkungan alam dan sosial budaya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Pengertian Air Limbah

Air limbah adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya, dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Air buangan adalah semua cairan yang dibuang, yang mengandung kotoran manusia, hewan, bekas tumbuh-tumbuhan, maupun yang mengandung sisa-sisa proses produksi. (Sugiharto, 1987)

Menurut Annas (2011) air limbah dapat dibagi menjadi 4 golongan, antara lain :

1. Air kotor/air buangan domestik
Air buangan yang berasal dari closet, peturasan dan air buangan yang mengandung kotoran manusia.
2. Air bekas
Air buangan yang berasal dari kamar mandi, dapur dan bak cuci tangan.
3. Air hujan
Air buangan dari atap rumah atau halaman yang berasal dari hujan.
4. Air buangan khusus/air buangan non-domestik
 - a. Air buangan yang mengandung gas, racun atau bahan-bahan berbahaya.
 - b. Air buangan yang bersifat radio aktif atau mengandung bahan radio aktif yang dibuang ke badan air penerima.
 - c. Air buangan yang mengandung banyak lemak, biasanya berasal dari restoran.

2.1.2. Parameter Air Limbah

Menurut Siregar, S.A. (2005) parameter air limbah dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Parameter Fisika, yakni parameter yang bisa diamati secara langsung dengan panca indera maupun dengan bantuan hasil pengujian laboratorium secara pendukung analisis. Parameter fisika terdiri dari, *Total Solid* (TS), *Total*

Suspended Solid (TSS), warna, kekeruhan, temperatur, bau, minyak, dan lemak.

2. Parameter Kimia, merupakan parameter yang bisa diamati dengan bantuan zat kimia laboratorium dimana zat kimia tersebut pada umumnya mudah larut dalam air, maka tercemarnya air oleh bahan kimia terlarut perlu diketahui kadarnya untuk mengetahui sejauh mana bahaya yang timbul bila dikonsumsi, seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolved Oxygen* (DO), derajat keasaman (pH), dan logam berat.

3. Parameter Biologi

Parameter biologi digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Parameter yang biasa digunakan adalah banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah.

2.1.3. Air Limbah Industri

Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis dan besar-kecilnya industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, derajat pengolahan air limbah yang ada. Puncak tertinggi aliran selalu tidak akan dilewati apabila menggunakan tangki penahan dan bak pengaman. Untuk memperkirakan jumlah air limbah yang dihasilkan oleh industri yang tidak menggunakan proses basah diperkirakan sekitar 50 m³/ha/hari. Sebagai patokan air yang dipergunakan pertimbangan bahwa 85-95% dari jumlah air yang dipergunakan adalah berupa air limbah apabila industri tersebut tidak menggunakan kembali air limbah. Apabila industri tersebut memanfaatkan kembali air limbahnya, maka jumlahnya akan lebih kecil lagi. (Sugiharto, 1987)

2.1.4. Pengolahan Air Limbah

Menurut Siregar, S.A. (2005) prinsip pengolahan air limbah adalah menghilangkan atau mengurangi kontaminan yang terdapat dalam air limbah, sehingga hasil olahan tidak mengganggu lingkungan. Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel campur, membunuh bakteri patogen, serta

mengurangi komponen beracun agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Tujuan pengolahan air limbah tergantung dari tipe air limbah yang dihasilkan. Untuk limbah domestik, tujuan utamanya adalah untuk mereduksi kandungan senyawa berbahaya yang terkandung dalam air limbah.

Badan perairan yang kualitasnya telah menurun perlu diupayakan peningkatan kualitas airnya, agar kondisi badan perairan tersebut dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas air yang tercemar adalah dengan teknik pengolahan limbah elektrokimia. Prinsip dasar dari teknik ini adalah mengikat zat-zat berbahaya yang ada di dalam air limbah tersebut, dari proses tersebut menghasilkan suatu lumpur/padatan yang mengapung atau bisa juga disebut dengan flok. Pengolahan limbah dengan metode yang lain juga menghasilkan suatu lumpur, yang kemudian lumpur tersebut akan diolah kembali agar tidak menjadi pencemar bagi lingkungan. (*Sugiharto, 1987*)

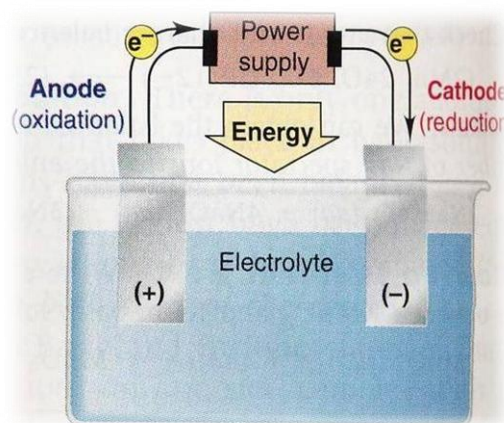
2.2. Landasan Teori

2.2.1. Teori Elektrokimia

Secara umum sel elektrokimia dibagi menjadi sel galvani atau sel elektrokimia dan sel elektrolisis. Proses yang terjadi pada sel galvani ialah reaksi kimia berubah menjadi energi listrik, sedangkan di dalam sel elektrolisis sebaliknya, dari energi listrik menjadi energi kimia. Pada sel galvani elektroda positif menjadi katoda, dan elektroda negatif sebagai anoda, sedangkan pada sel elektrolisis sebaliknya, yaitu elektroda negatif sebagai katoda, dan elektroda positif sebagai anoda (*Mulyono, 2009*).

Menurut Sari, N.K. (2009) ketika sel elektrolisis ini terjadi, akan ada pelucutan ion-ion bermuatan. Selama proses berlangsung, arus listrik mengalir melalui elektrolit, memberikan energi yang cukup untuk menjalankan reaksi oksidasi dan reduksi. Ion-ion yang bermuatan bergerak, setelah arus listrik mengalir dalam elektrolit. Ion positif bergerak ke elektroda negatif (katoda) dan ion negatif bergerak ke elektroda positif (anoda). Saat ion-ion bermuatan saling bersinggungan dengan elektroda akan terjadi reaksi elektrokimia. Pada elektroda positif (anoda), ion negatif melepaskan elektron dan teroksidasi. Pada elektroda negatif (katoda), ion positif menangkap elektron dan tereduksi. Dalam proses itu

akan muncul gelembung-gelembung udara. Kemudian gelembung-gelembung inilah yang akan mengikat zat-zat yang ada di elektrolit atau air limbah. Kemudian zat-zat yang terikat pada gelembung-gelembung udara itu akan terangkat ke permukaan dan mengapung. Zat-zat yang terikat pada gelembung-gelembung udara yang telah mengapung tadi berbentuk seperti lumpur yang mengapung yang biasanya disebut dengan flok. Terjadinya flok pada sel elektrolisis ini merupakan penerapan dari proses flotasi. Contoh gambar sel elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan contoh gambar zat yang mengapung karena proses flotasi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Contoh Sel Elektrolisis



Gambar 2.2 Contoh Pengapungan Zat dari Proses Flotasi

2.2.2. Teori Faraday

Faraday mengamati peristiwa elektrolisis melalui berbagai percobaan. Dalam pengamatannya jika arus listrik searah dialirkan ke dalam suatu larutan elektrolit,

mengakibatkan perubahan kimia dalam larutan tersebut. Sehingga Faraday menemukan hubungan antara massa yang dibebaskan atau diendapkan dengan arus listrik. Menurut Faraday jumlah berat (massa) zat yang dihasilkan (diendapkan) pada elektroda sebanding dengan jumlah muatan listrik (Coulumb) yang dialirkan melalui larutan elektrolit tersebut, dan massa yang dibebaskan atau diendapkan oleh arus listrik sebanding dengan bobot ekuivalen zat-zat tersebut. (Zulfikar, 2010)

Dari pernyataan di atas, dapat disederhanakan menjadi Persamaan 2.1 berikut :

$$M = \frac{e \cdot i \cdot t}{F} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.1}$$

Dengan :

M = massa zat (gram)
 e = berat ekuivalen (gram)
 i = kuat arus (ampere)
 t = waktu (detik)
 F = Faraday

Dalam peristiwa elektrolisis terjadi reduksi pada katoda untuk mengambil elektron yang mengalir dan oksidasi pada anoda yang memberikan aliran elektron tersebut. Dalam hal ini elektron yang dilepas dan yang diambil dalam jumlah yang sama. Bobot zat yang dipindahkan atau yang tereduksi setara dengan elektron, sehingga masa yang dipindahkan merupakan ekuivalen dan sama dengan mol elektron. Faraday menyimpulkan bahwa satu Faraday adalah jumlah listrik yang diperlukan untuk menghasilkan satu ekuivalen zat pada elektroda. (Zulfikar, 2010)

2.2.3. Deret Volta

Susunan unsur-unsur logam berdasarkan potensial elektroda standardnya disebut deret elektrokimia atau deret volta. Deret volta dapat dilihat dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Deret Volta

Semakin ke kiri kedudukan suatu logam dalam deret volta menandakan :

1. Logam semakin reaktif (semakin mudah melepas elektron); dan
2. Logam merupakan reduktor yang semakin kuat .

Sebaliknya, semakin kanan kedudukan logam dalam deret volta menandakan :

1. Logam semakin kurang reaktif (semakin sukar melepas elektron); dan
2. Kationnya merupakan oksidator yang semakin kuat.

Jadi, logam yang terletak lebih kiri lebih reaktif daripada logam-logam yang di kanannya. Oleh karena itu, logam yang terletak lebih kiri dapat mendesak logam yang lebih kanan dari senyawanya. (*Apriani, L. 2012*)

2.2.4. Flotasi

Flotasi adalah dasar dari proses pemisahan. Flotasi menurut bahasa asing berasal dari kata *float* yang berarti apung atau kambang. Sehingga flotasi dapat diartikan bahwa sebagai fenomena pengapungan atau pengembangan suatu zat yang ada dalam suatu zat cair maupun gas. Flotasi digunakan untuk menyisahkan padatan tersuspensi dan minyak dari air buangan serta pemisahan dan pengumpulan lumpur. Flotasi biasa digunakan pada industri metalurgi dan pertambangan. Tetapi dapat juga digunakan untuk pengolahan air selokan dan pemurnian air. (*Alchemizt. 2001*)

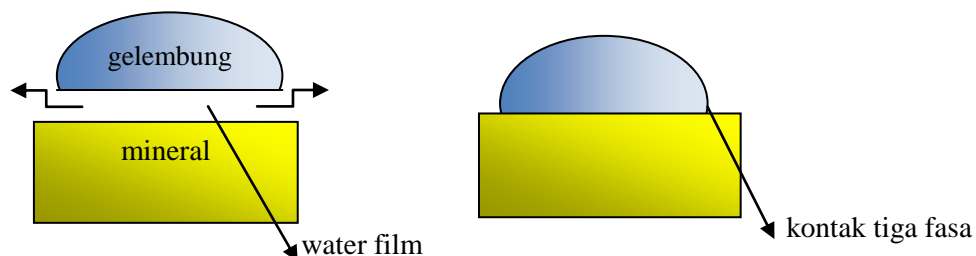
Flotasi juga dapat diartikan sebagai suatu pemisahan suatu zat dari zat lainnya pada suatu cairan/larutan berdasarkan perbedaan sifat permukaan dari zat yang akan dipisahkan, dimana zat yang bersifat *hidrofilik* tetap berada fasa air sedangkan zat yang bersifat *hidrofobik* akan terikat pada gelembung udara dan akan terbawa ke permukaan larutan dan membentuk buih yang kemudian dapat dipisahkan dari cairan tersebut. Secara umum flotasi melibatkan 3 fase yaitu cair (sebagai media), padat (partikel yang terkandung dalam cairan) dan gas (gelembung udara). Pada awalnya flotasi digunakan untuk mengambil mineral logam seperti tembaga, timbal dan seng. Pada perkembangan selanjutnya flotasi digunakan untuk pemisahan mineral logam seperti nikel, mangan, chromium dan cobalt. Sekarang, flotasi digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk juga dapat digunakan untuk pengolahan atau penjernihan air, yang memanfaatkan

gelembung-gelembung udara untuk menangkap atau mengikat mineral lain (zat polutan) yang ada di dalam air. (Ardra, 2004)

Menurut Daryoko, M. (2009) mekanisme penempelan, pelekatan mineral dan gelembung udara tergantung pada kemampuan dari mineral dan gelembung mengatasi gaya-gaya yang terdapat dalam lapis air tipis. Mekanisme pelekatan mineral dan gelembung udara terdiri dari tiga tahap, yakni :

1. Gelembung dan atau mineral saling mendekat, kemudian menghasilkan suatu lapisan tipis air diantaranya. Dalam kondisi ini partikel mineral bergerak sesuai dengan hukum hidrodinamika,
2. Mineral dan gelembung terus saling mendekat, hal ini mengakibatkan lapis tipis air (*water film*) semakin tipis dan akhirnya terjadi kerusakan atau pecahnya lapis tipis,
3. Hilangnya lapis tipis akan diikuti dengan terjadinya penempelan mineral-gelembung. Pelekatan atau penempelan ini diawali dengan terbentuknya kontak tiga fasa yang dengan cepat meluas dan stabil.

Ilustrasi mekanisme penempelan/pelekatan mineral dan gelembung bisa dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skematika Pelekatan Mineral-Gelembung

Menurut Ardra (2004) adanya tiga gaya dalam film air yang harus sampai terjadi pelekatan gelembung mineral yaitu :

1. Gaya tarik antar molekul, Van der Waals;
2. Gaya elektrostatis yang timbul dari tarik menarik *double layer* di air dan sekitar mineral; serta
3. Hidrasi dari grup hidrofilik yang ada pada permukaan mineral.

2.2.5. Adsorpsi

Secara umum peristiwa adsorpsi yang terjadi pada larutan terbagi atas dua bagian yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika merupakan adsorpsi yang disebabkan oleh gaya Van der Waals yang ada pada permukaan adsorben, panas adsorben biasanya rendah dan terjadi di lapisan pada permukaan adsorben yang umumnya lebih besar dari satu mol. Sedangkan adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang terjadi karena adanya reaksi antara zat yang diserap dan adsorben, lapisan molekul pada permukaan adsorben hanya satu lapis dan panas adsorpsinya tinggi. (Syabatini, A., 2009)

Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu zat di permukaan zat lain. Zat yang diserap disebut fase terserap (adsorbat) dan zat yang menyerap disebut adsorben. Disebabkan karena gaya tarik molekul-molekul pada permukaan adsorben. Pemanfaatan adsorpsi dalam kehidupan sehari-hari antara lain :

1. Proses pemutihan gula pasir
2. Penyembuhan sakit perut dengan serbuk karbon atau norit
3. Penjernihan air keruh dengan menggunakan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)
4. Penggunaan arang aktif
5. Penggunaan arang halus pada masker, berfungsi untuk menyerap gas yang beracun
6. Filter pada rokok, yang berfungsi untuk mengikat asap nikotin dan tar

Kinetika adsorpsi menyatakan adanya proses penyerapan suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Adsorpsi terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat. Molekul-molekul pada permukaan zat padat atau zat cair, mempunyai gaya tarik ke arah dalam, karena tidak ada gaya-gaya lain yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat dan zat cair, mempunyai gaya adsorpsi. Adsorpsi berbeda dengan absorpsi. Pada absorpsi zat yang diserap masuk ke dalam absorben sedangkan pada adsorpsi zat yang diserap hanya terdapat pada permukaannya *Monolayer* adalah lapisan tipis setebal ukuran atom atau molekul dan mempunyai kualitas dua-dimensi yang unik. (Sukardjo, 1990)

Syarat adsorpsi yaitu:

1. Adsorben harus memiliki luas permukaan yang besar
2. Adsorben harus memiliki micropores dan macropores (misal: karbon aktif dan zeolit)
3. Adsorpsi selektif (harus menghindari kelembaban)
4. Memerlukan waktu kontak yang cukup untuk terjadi pemisahan yang baik
5. Perlakuan awal untuk komposisi gas yang rendah
6. Distribusi aliran dalam tumpukan adsorben yang baik
7. Adsorben harus mudah diregenerasi
8. Operasi kontinyu memerlukan beberapa bed yang disusun seri

Proses adsorpsi yang terjadi pada kimisorpsi, partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen), dan cenderung mencari tempat yang memaksimumkan bilangan koordinasinya dengan substrat. Peristiwa adsorpsi disebabkan oleh gaya tarik molekul-molekul di permukaan adsorben. Dimana adsorben yang biasa digunakan dalam percobaan adalah karbon aktif, sedangkan zat yang diserap adalah asam asetat. (Keenan, 1999)

Secara garis besar adsorpsi dipisahkan menjadi 2 jenis, yakni adsorpsi fisika dan kimia, yang bisa di perhatikan pada Tabel 2.1.

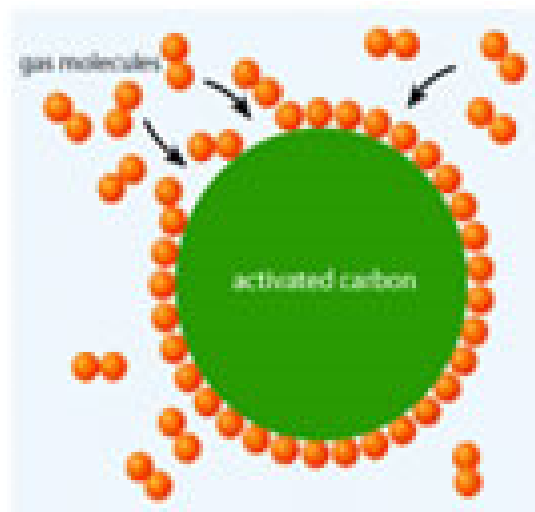
Tabel 2.1. Jenis-jenis adsorpsi

Physisorbtion	Chemisorbtion
Ikatan lemah antara molekul gas-padatan	Ikatan kimia dengan reaksi
Eksotermis ($\sim 0,1$ kcal/mol)	Eksotermis (> 10 kcal/mol)
Tidak ada perubahan fisika atau kimia	Perubahan karakteristik adsorben
Reversibel	Irreversibel
Adsorpsi multilayer	Hampir semua monolayer
Tidak menyertai katalis	Katalis

Peristiwa adsorpsi yang terjadi jika berada pada permukaan dua fasa yang bersih ditambahkan komponen ketiga, maka komponen ketiga ini akan sangat mempengaruhi sifat permukaan. Komponen yang ditambahkan adalah molekul

yang teradsorpsi pada permukaan (dan karenanya dinamakan surface aktif). Jumlah zat yang terserap setiap berat adsorben, tergantung konsentrasi dari zat terlarut. Namun demikian, bila adsorben sudah jenuh, konsentrasi tidak lagi berpengaruh. Adsorpsi dan desorpsi (pelepasan) merupakan kesetimbangan. (*Atkins, 1990*)

Partikel sol padat ditempatkan dalam zat cair atau gas, maka partikel zat cair atau gas akan terakumulasi. Fenomena ini disebut adsorpsi. Jadi adsorpsi terkait dengan penyerapan partikel pada permukaan zat. Partikel koloid sol memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi partikel pendispersi pada permukaannya. Daya adsorpsi partikel koloid tergolong besar karena partikelnya memberikan sesuatu permukaan yang luas. Sifat ini telah digunakan dalam berbagai proses seperti penjernihan air. Jika partikel-partikel sol padat diletakkan dalam zat cair atau gas maka partikel-partikelnya akan terakumulasi pada permukaan zat padat tersebut. Fenomena ini disebut adsorpsi yang terkait dengan penyerapan partikel pada permukaan zat. Adsorpsi dengan absorpsi itu berbeda. Bedanya adalah absorpsi terkait dengan penyerapan partikel sampai ke bawah permukaan zat. Ilustrasi pelekatan partikel pada permukaan suatu zat bisa dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Ilustrasi Adsorpsi

Partikel koloid sol mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi partikel pendispersi pada permukaannya, baik itu partikel netral atau bermuatan (kation dan anion). Daya adsorpsi partikel koloid tergolong besar karena partikel-

partikelnya memberikan suatu permukaan yang sangat luas. Sifat adsorpsi ini telah digunakan dalam berbagai proses seperti penjernihan air.

2.2.6. Reaktor Batch

Reaktor Batch biasanya digunakan untuk reaksi cair, terutama jika kapasitas produksi kecil dan sangat bermanfaat untuk industri yang membuat bermacam-macam hasil, misalnya pada pabrik obat-obatan atau pabrik zat warna. Ditinjau dari segi biaya pembelian, Reaktor Batch lebih murah sehingga untuk industri kapasitas kecil atau untuk proses baru yang masih dalam masa percobaan lebih baik dipakai reaktor batch.

Reaktor batch menguntungkan untuk kapasitas kecil sebab relatif biaya operasi juga kecil. Keuntungan lain penggunaan reaktor batch yaitu lebih mudah untuk memulai operasi dan menghentikannya, juga lebih mudah dikontrol. (Anonim, 1985)

Kerugian penggunaan reaktor batch diantaranya :

- a. Banyak waktu terbuang untuk pengisian, pemanasan zat pereaksi sampai suhu reaksi atau pendinginan zat hasil reaksi sampai suhu pengeluaran dan waktu pembersihan reaktor. Waktu yang tidak produktif ini, ditambah dengan waktu reaksi merupakan waktu yang diperlukan untuk satu Batch.
- b. Tidak baik untuk reaksi fase gas, mudah terjadi kebocoran pada lubang pengaduk, jadi packing harus kuat.

2.2.7. Rasio Elektroda Cairan

Rasio elektroda cairan merupakan perbandingan antara luasan kedua sisi suatu elektroda dibandingkan dengan volume cairan yang merendamnya. Kontak antara elektroda dengan cairan menimbulkan reaksi. Dengan elektrolisis terjadi reaksi pada elektroda, yakni reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda. Pada proses ini perbandingan luasan elektroda dengan volume cairan elektrolit sangat mempengaruhi kinerja reaktor. Nilai dari rasio elektroda cairan bisa dijelaskan dengan persamaan berikut :

$$R = \frac{A_{\text{elektroda}}}{V_{\text{cairan}}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.2}$$

Dengan :

R = rasio elektroda cairan
 $A_{\text{elektroda}}$ = luasan seluruh sisi elektroda
 V_{cairan} = volume cairan elektrolit

Dengan demikian rasio elektroda cairan berbanding lurus dengan luasan elektroda yang digunakan pada komponen suatu reaktor. Pada reaktor elektrokimia batch, elektroda yang digunakan berupa pelat tipis yang memiliki luasan dari kedua sisi pelat. Sedangkan volume cairan yang diperhitungkan merupakan volume cairan yang memiliki kontak langsung dengan pelat. (*Utomo, B. 2013*)

Rasio elektroda cairan mempengaruhi penggunaan arus listrik. Penggunaan arus listrik menjadi indikator penggunaan daya yang berkaitan dengan biaya operasional reaktor. Daya listrik dapat diperoleh dari Persamaan 2.3 berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.3}$$

Dengan :

P = daya listrik (watt)
 V = tegangan (volt)
 I = kuat arus (ampere)

2.2.8. Spektrofotometri

Spektrofotometri adalah suatu metode analisis yang berdasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu lajur larutan berwarna pada panjang gelombang yang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dan detektor vakum phototube atau tabung foton hampa. Alat yang digunakan adalah spektrofotometer, yaitu suatu alat yang digunakan untuk menentukan suatu senyawa baik secara kuantitatif maupun kualitatif dengan mengukur transmittan ataupun absorban dari suatu cuplikan sebagai fungsi dari konsentrasi. (*Gandjar, I.G. dan Abdul Rohman, 2007*)

Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu. Pada spektrometer panjang gelombang dari sinar putih dapat lebih terseleksi dan ini diperoleh dengan alat pengurai seperti prisma, grating, atau celah optis. Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum tampak yang kontinu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan

suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembanding.

Spektrofotometri ini hanya terjadi bila terjadi perpindahan elektron dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Perpindahan elektron tidak diikuti oleh perubahan alat spin, hal ini dikenal dengan sebutan tereksitasi singlet. (Saptoraharjo, 2003)

Spektrofotometer terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Kelebihan spektrofotometer dibanding fotometer adalah panjang gelombang dari sinar putih dapat lebih terseleksi dan ini diperoleh dengan alat pengurai seperti prisma, grating ataupun celah optis. Pada fotometer filter, sinar dengan panjang gelombang yang diinginkan diperoleh dengan sinar filter dari berbagai warna yang mempunyai spesifikasi melewati trayek panjang gelombang yang benar-benar monokromatis, melainkan suatu trayek panjang gelombang 30-40 nm. Sedangkan pada spektrofotometer, panjang gelombang yang benar-benar terseleksi dapat diperoleh dengan bantuan alat pengurai cahaya seperti prisma. Spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum tampak yang kontinyu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembanding. (Saptoraharjo, 2003)

Efisiensi kinerja REB-AB diukur berdasarkan serapan gelombang cahaya dengan teori spektrofotometri. Untuk mendapatkan efisiensi REB-AB dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$E = \frac{0,85 - \bar{A}_n}{0,85} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Persamaan 2.4}$$

Dengan :

E = efisiensi (%)

\bar{A}_n = panjang gelombang rata-rata kode-n (\AA)

2.3. Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Hanif Budi Susilo (2013) yang berjudul Kinerja Unit Pengolahan Air Limbah Reaktor Elektrokimia untuk Pengolahan Air Limbah Batik *Home Industri* Batik di Kelurahan Sondakan. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa metode elektrokimia menghasilkan efisiensi penyisihan COD dan warna berturut-turut 85% dan 79% selama 40 menit dan arus listrik sebesar 20 Volt. Jadi, kinerja UPAL-RE dapat dinilai baik meskipun hasil dari penelitian berbeda-beda. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu besar arus listrik yang berbeda, kemudian dalam kandungan zat warna terdapat campuran zat lain seperti lilin. Dan alat reaktor elektrokimia mengalami penurunan kemampuan karena kerusakan pada komponen yang meleleh, kabel putus dan adanya alat pengencang yang longgar.

Penelitian yang relevan yang lainnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Ir. Budi Utomo, M.T. dkk. (2013) yang berjudul Optimasi Kinerja Unit Pengolahan Air Limbah dengan Reaktor Elektrokimia Batch (UPAL-REB) untuk Melayani *Home Industry* Batik. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa berdasarkan data yang sudah diperoleh, proses penyisihan dengan reaktor elektrokimia dengan variasi AS menghasilkan efisiensi serapan yang lebih baik.

Dalam penelitian tersebut selain dijelaskan keunggulan dari reaktor elektrokimia juga dijelaskan pula kekurangan dari reaktor elektrokimia, yaitu pemakaian daya listrik yang sangat dipengaruhi oleh kekentalan, komposisi partikel yang terkandung dalam air limbah, dan rasio elektroda-cairan, serta jenis elektroda. Yang dilakukan untuk memperbaiki kekurangan pada reaktor elektrokimia adalah dengan melakukan optimasi terhadap rasio elektroda-cairan, jenis elektroda dan jarak elektroda serta tinggi elektroda.

Referensi lain pada hasil penelitian Purwaningsih (2008) dari Universitas Islam Indonesia yang memanfaatkan metode elektrokoagulasi dalam mengolah limbah cair batik. Dari variasi yang dilakukan, meliputi kuat arus, jarak elektroda, dan waktu kontak, menghasilkan informasi bahwa komponen yang paling optimal

menurunkan kadar COD dengan efisiensi penurunan rata-rata konsentrasinya 15,03% dan efisiensi rata-rata penurunan konsentrasi warna 55,36% adalah komponen dengan jarak elektroda 1,5 cm dengan kuat arus 12 ampere dan waktu kontak antara 30-45 menit.

Untuk mengembangkan teknologi pengolah limbah cair dengan reaktor elektrokimia, maka diperlukan penelitian lebih lanjut untuknya. Bak reaktor yang digunakan dalam penelitian adalah bak akrilik dengan volume 2 liter (4 cm x 10 cm x 50 cm). Panjang elektroda 48 cm dengan variasi tinggi elektroda berturut-turut 10 cm, 7,5 cm, dan 5 cm. Rasio Elektroda-Cairan (REC) yang dihasilkan tiap pelat berturut-turut 9,6 ; 7,2 dan 4,8. Variasi jarak yang digunakan berturut-turut 1,5 cm dan 2 cm untuk 2 pelat elektroda.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium. Penelitian berupa pengolahan air limbah industri batik dengan REB-AB. REB-AB menggunakan komponen-komponen elektroda dengan Alumunium sebagai elektroda positif (anoda) dan Besi sebagai elektroda negatif (katoda). Dalam proses reaksi yang terjadi pada REB-AB terjadi proses pelepasan elektron yang terjadi pada anoda dan pengikatan elektron yang terjadi pada katoda. Penelitian membandingkan beberapa variasi tinjauan, antara lain dari variasi waktu dan ketinggian elektroda yang digunakan pada REB-AB, sehingga dianalisis untuk memperoleh tingkat efisiensi kinerja REB-AB dan parameter konsumsi energi berupa energi listrik dan kenaikan suhu akibat adanya arus.

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan selama bulan Agustus sampai dengan bulan September 2013 di Laboratorium Teknik Penyehatan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

3.3. Objek Penelitian

Obyek penelitian ini berupa air limbah industri batik dari pengrajin batik di Kelurahan Sondakan, Kecamatan Laweyan, Kota Surakarta.

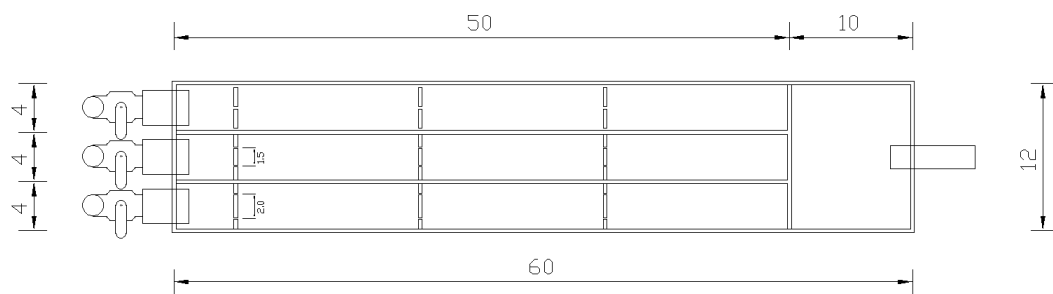
3.4. Langkah-langkah Penelitian

- 1) Menyiapkan alat dan bahan,
- 2) Merangkai komponen REB-AB,
- 3) Mengoperasikan REB-AB,
- 4) Mencatat data,
- 5) Mengolah data, dan
- 6) Penyusunan laporan.

3.5. Alat dan Bahan

3.5.1. Alat

- 1) Bak reaktor, bak yang telah dimodifikasi sebagai reaktor yang terbuat dari bahan akrilik dengan dimensi 60 cm x 12 cm x 10 cm, tetapi dimensi efektif setiap segmen ruang adalah 50 cm x 4 cm x 10 cm sehingga segmen ruang reaktor adalah 2000 cm³ (2 liter). Ilustrasi dari bak akrilik bisa dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Ilustrasi Bak Reaktor

- 2) Pelat alumunium dan besi, merupakan potongan pelat dengan variasi ukuran yakni 48 cm x 10 cm; 48 cm x 7,5 cm; dan 48 cm x 5 cm. Variasi dimensi ini untuk mencari rasio elektroda cairan yang paling efektif untuk diaplikasikan dalam pelaksanaan. Pelat yang difungsikan sebagai elektroda ini bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pelat Alumunium dan Besi

- 3) *Step-down Trafo*, yang difungsikan untuk menurunkan tegangan dari arus yang disuplai oleh PLN agar sesuai dengan spesifikasi kebutuhan

penggunaan tegangan oleh reaktor batch. *Step-down Trafo* bisa dilihat pada Gambar 3.3.



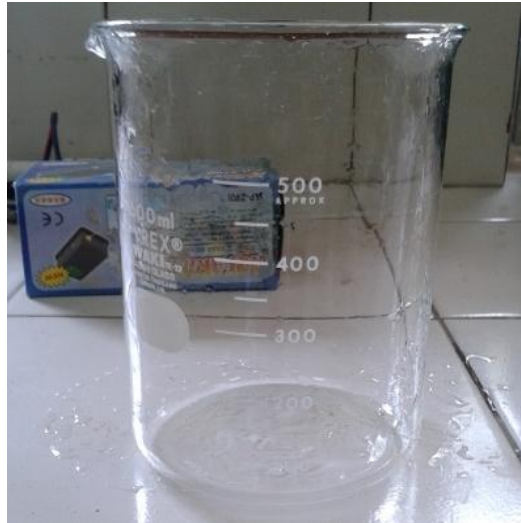
Gambar 3.3 *Step-down Trafo*

- 4) *Clamp Meter*, yang berfungsi untuk mengukur penggunaan daya listrik meliputi tegangan dan arus yang bisa dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 *Clamp Meter*

- 5) Gelas Bekker, digunakan untuk menampung sementara air limbah batik hasil pengolahan untuk proses pendinginan sebelum dimasukkan ke dalam botol sampel. Gelas Bekker bisa dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Gelas Bekker

- 6) Termometer, berfungsi untuk mengukur suhu air limbah selama pengolahan menggunakan proses elektrolisis yang bisa diamati pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Termometer

- 7) Ember,
- 8) Gayung,
- 9) Corong,
- 10) Botol Sampel.

3.5.2. Bahan

- 1) Air limbah industri batik

3.6. Prosedur Penelitian

3.6.1. Menyiapkan Alat dan Bahan

- 1) Memotong pelat elektroda sesuai variasi ukuran yang telah ditetapkan,
- 2) Menghubungkan elektroda dengan kabel yang telah terhubung dengan *step-down trafo*,
- 3) Memasang elektroda pada bak reaktor yang telah dirancang dengan dimensi tertentu.

Persiapan alat dan bahan dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Merangkai Komponen Reaktor

3.6.2. Mengolah Air Limbah dengan REB-AB

- 1) Menuangkan sampel air limbah ke dalam REB-AB, dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Menuangkan Air Limbah

- 2) Menghubungkan rangkaian reaktor dan trafo ke arus listrik PLN,
- 3) Mengukur besar penggunaan energi listrik meliputi ACA, DCA, dan DCV awal, seperti yang terlihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Mengukur Penggunaan Daya Listrik

- 4) Menunggu proses reaksi pada reaktor selama 50 menit sambil memisahkan flok yang timbul, seperti yang terlihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Memisahkan Flok

- 5) Mencatat suhu air limbah pada waktu ke-50 menit,
- 6) Mengukur besar penggunaan energi listrik meliputi ACA, DCA, dan DCV akhir.

3.6.3. Mengeluarkan Air Limbah yang telah Diolah

- 1) Menghentikan arus listrik pada REB-AB,

- 2) Mengalirkan air limbah olahan ke dalam gelas bekkor, seperti yang terlihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Mengeluarkan Air Limbah Olahan

- 3) Mendiamkan air limbah olahan pada gelas bekkor agar mengalami pendinginan secara alami, dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Proses Pendinginan

- 4) Memasukkan air limbah olahan ke dalam botol sampel, yang bisa diamati pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Memasukkan pada Botol Sampel

- 5) Memberi identitas botol sampel. Identitas botol sampel menggunakan sistem pengkodean yang lebih jelas dicontohkan sebagai berikut :

Misal = 1AB12-5

- Satu angka pertama menunjukkan besarnya REC, 1 artinya REC 9,6 ; 2 artinya REC 7,2 ; dan 3 artinya REC 4,8.
- Dua huruf selanjutnya menyimbolkan jenis elektroda, A untuk Alumunium dan B untuk Besi.
- Dua angka selanjutnya memiliki arti bahwa hanya ada satu jarak dengan dua elektroda yang berjarak 2 cm. Bila dua elektroda berjarak 1,5 cm diberikan simbol 11.
- Satu angka terakhir berarti waktu tinggal, 5 untuk kode 50 menit

Sehingga 1AB12-5 artinya komponen elektroda ukuran tinggi 10 cm (REC 9,6) Alumunium sebagai anoda dan Besi sebagai katoda yang dipasang dengan jarak 2 cm pada REB-AB.

3.6.4. Meneliti Kandungan Polutan dengan Spektrofotometer

Penelitian dilakukan di Laboratorium Proses Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Alat spektrofotometer bisa dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Spektrofotometer

3.7. Mengolah Data

Melakukan analisis pada data yang diperoleh selama proses mengolah air limbah dengan REB-AB. Data yang diperoleh meliputi : jenis elektroda, dimensi elektroda, variasi Rasio Elektroda Cairan (REC), suhu dan arus listrik yang digunakan. Analisis data dilakukan dengan mempertimbangkan batasan penelitian antara lain :

- a. Variasi REC pada 9,6; 7,2; dan 4,8;
- b. Jarak antar plat elektroda pada 1,5 cm dan 2 cm;
- c. Waktu tinggal elektroda dalam pengolahan selama 50 menit;
- d. Volume air limbah yang diolah 2 liter.

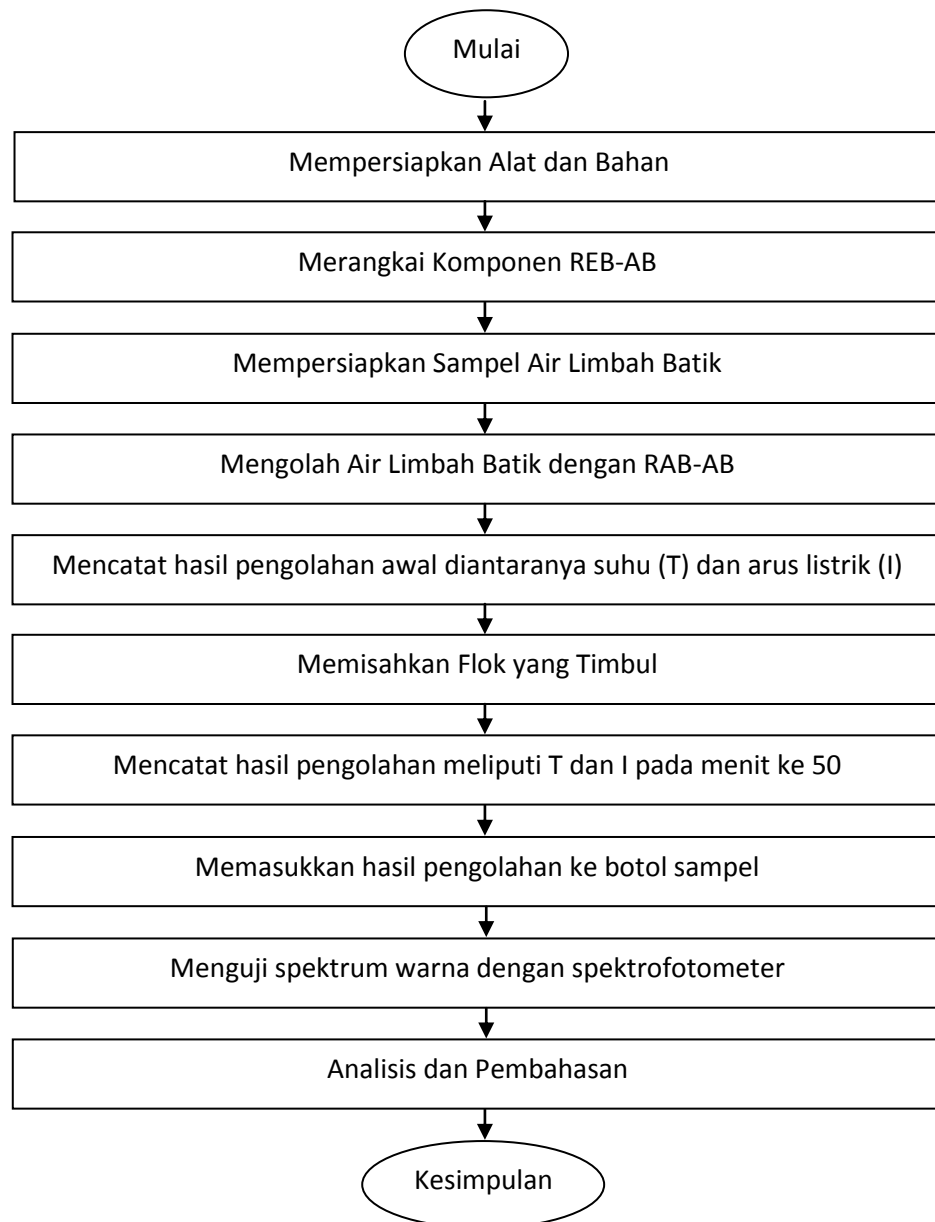
Hasil analisis berupa kesimpulan yang menjadi rekomendasi komponen REB-AB yang efektif. Menarik kesimpulan dengan menggunakan metode penarikan kesimpulan secara diskripsi kualitatif. Kesimpulan yang diambil mempertimbangkan beberapa parameter sebagai berikut :

- a. Daya listrik yang digunakan relatif rendah,
- b. Suhu yang ditimbulkan oleh proses pengolahan tidak terlalu tinggi; dan
- c. Efisiensi yang paling optimal.

3.8. Menyusun Laporan

Hasil analisis pada proses mengolah data disajikan dalam bentuk informasi berupa karya tulis ilmiah sebagai laporan Tugas Akhir tentang Kinerja REB-AB dengan Variasi Rasio Elektroda Cairan untuk Pengolahan Air Limbah Batik. Secara

sistematis metode penelitian bisa dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 3.15 di bawah ini.



Gambar 3.15 Diagram Alir Metode Penelitian

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Proses pengolahan air limbah batik dengan Reaktor Elektrokimia Batch (REB) menggunakan elektroda Alumunium sebagai anoda dan Besi sebagai katoda menghasilkan beberapa parameter hasil pengolahan yang bisa dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil Penelitian Suhu, Arus, dan Tegangan

No	Kode Sampel	REC	Jarak Elektroda (cm)	Suhu (°C)		Arus (ampere)	Tegangan (volt)
				Awal	Akhir		
1	1AB12-5	9,6	2	27	73	4,9	14
2	1AB11-5	9,6	1,5	27	78	4,9	14
3	2AB12-5	7,2	2	27	39	3,8	15
4	2AB11-5	7,2	1,5	27	63	3,8	15
5	3AB12-5	4,8	2	27	48	3,3	15
6	3AB11-5	4,8	1,5	27	45	3,3	15

(sumber : penelitian Laboratorium TP, JTS)

Tabel 4.1 merupakan data yang diamati dan dicatat selama penelitian, meliputi penggunaan arus, tegangan, suhu yang timbul selama proses pengolahan air limbah dengan REB-AB.

Proses pengolahan air limbah selanjutnya adalah menguji kandungan polutan dengan metode spektrofotometri menggunakan alat spektrofotometer yang dilakukan di Laboratorium Proses Jurusan Teknik Kimia FT UNS. Metode spektrofotometri memanfaatkan serapan gelombang cahaya untuk mengetahui nilai adsorbansi yang menjadi parameter zat terlarut pada air limbah hasil pengolahan. Nilai panjang gelombang hasil pengujian air limbah yang telah diolah dengan REB-AB disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Panjang Gelombang Cahaya dengan Spektrofotometer

No	Kode Sampel	Panjang Gelombang Puncak	Percobaan (Å)			Rata-rata (Å)
			I	II	III	
1	Sampel In	587	1,937	2,172	2,226	2,112
2	1AB12-5	587	0,164	0,165	0,164	0,164
3	1AB11-5	587	0,158	0,162	0,163	0,161
4	2AB12-5	587	0,406	0,411	0,413	0,410
5	2AB11-5	587	0,139	0,153	0,135	0,142
6	3AB12-5	587	0,221	0,220	0,221	0,221
7	3AB11-5	587	0,412	0,414	0,414	0,413

(sumber : Laboratorium Proses, JTK)

Tabel 4.2 memaparkan hasil pengujian kandungan zat terlarut dengan spektrofotometer. Sampel in merupakan sampel air limbah batik yang diambil langsung dari bak tampungan industri batik, artinya sampel yang diuji merupakan air limbah yang belum melalui proses pengolahan dengan REB-AB. Secara rata-rata hasil pengujian dengan spektrofotometer menghasilkan angka adsorbat yang relatif besar. Hal ini menunjukkan kandungan zat terlarut, dalam hal ini zat warna, pada air limbah sangat pekat. Sehingga tidak layak untuk dibuang secara langsung ke badan air. Sedangkan pada sampel yang telah melalui proses memiliki nilai adsorbat yang bervariasi sehingga diperlukan analisis mengenai beberapa parameter yang diharapkan mendapatkan variasi komponen yang paling efisien digunakan di lapangan. Untuk itu dilakukan proses analisis yang meliputi kebutuhan daya arus listrik dan timbulnya panas yang dibahas lebih lanjut pada sub bab Analisis dan Pembahasan.

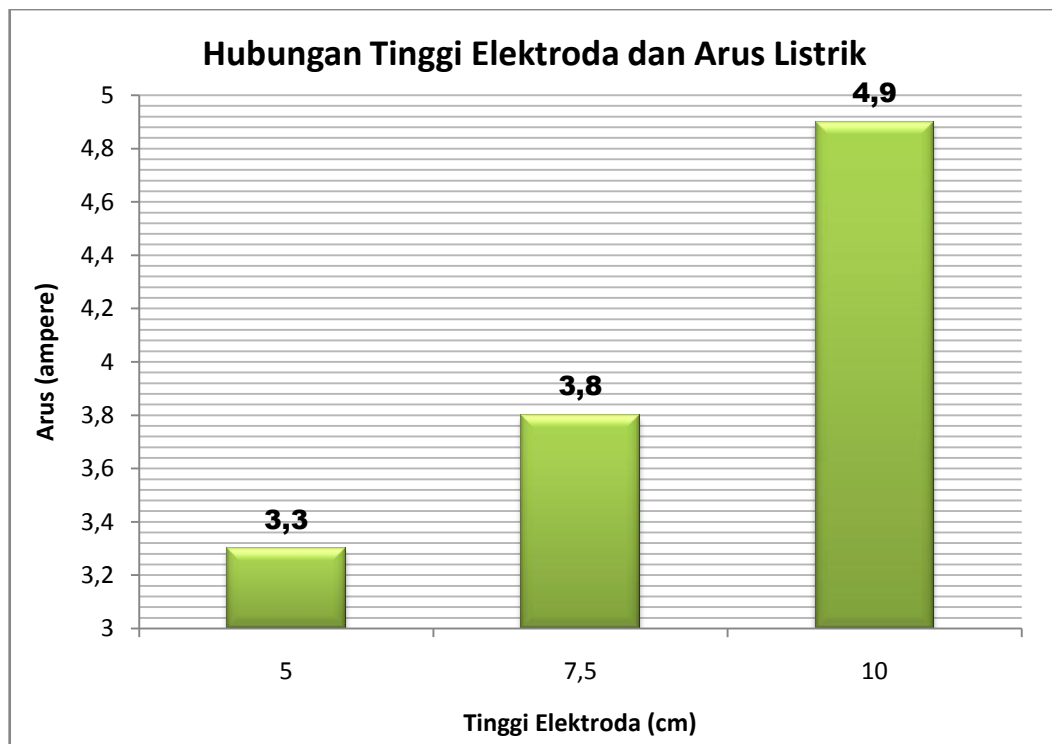
4.2 Analisis dan Pembahasan

4.2.1 Penggunaan Arus

Arus listrik merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk membandingkan efisiensi REB-AB. Penelitian ini membandingkan beberapa variasi komponen REB-AB dengan mencari komposisi yang relatif kecil dalam penggunaan daya listrik. Semakin kecil daya listrik yang digunakan oleh REB-

AB, semakin kecil pula ongkos produksi dalam mengoperasikan REB-AB. Dengan demikian, REB-AB yang disarankan relatif lebih bisa diterima karena lebih hemat dan efisien.

Hasil penelitian menunjukkan hubungan yang sebanding antara tinggi elektroda dengan penggunaan arus listrik. Hal ini dikarenakan semakin tinggi elektroda semakin besar pula luas kontak elektroda dengan cairan elektrolit. Dengan demikian, luas kontak yang besar akan memerlukan arus listrik yang besar pula untuk mengoperasikan REB-AB. Hubungan tinggi elektroda dan penggunaan arus listrik bisa dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Tinggi Elektroda dan Arus Listrik

Dari gambar di atas, dapat dilakukan analisis mengenai penggunaan daya listrik yang diperlukan untuk mengoperasikan REB-AB dengan menggunakan persamaan 2.3

Contoh perhitungan :

$$P = V \times I$$

$$P = 14 \times 3,3$$

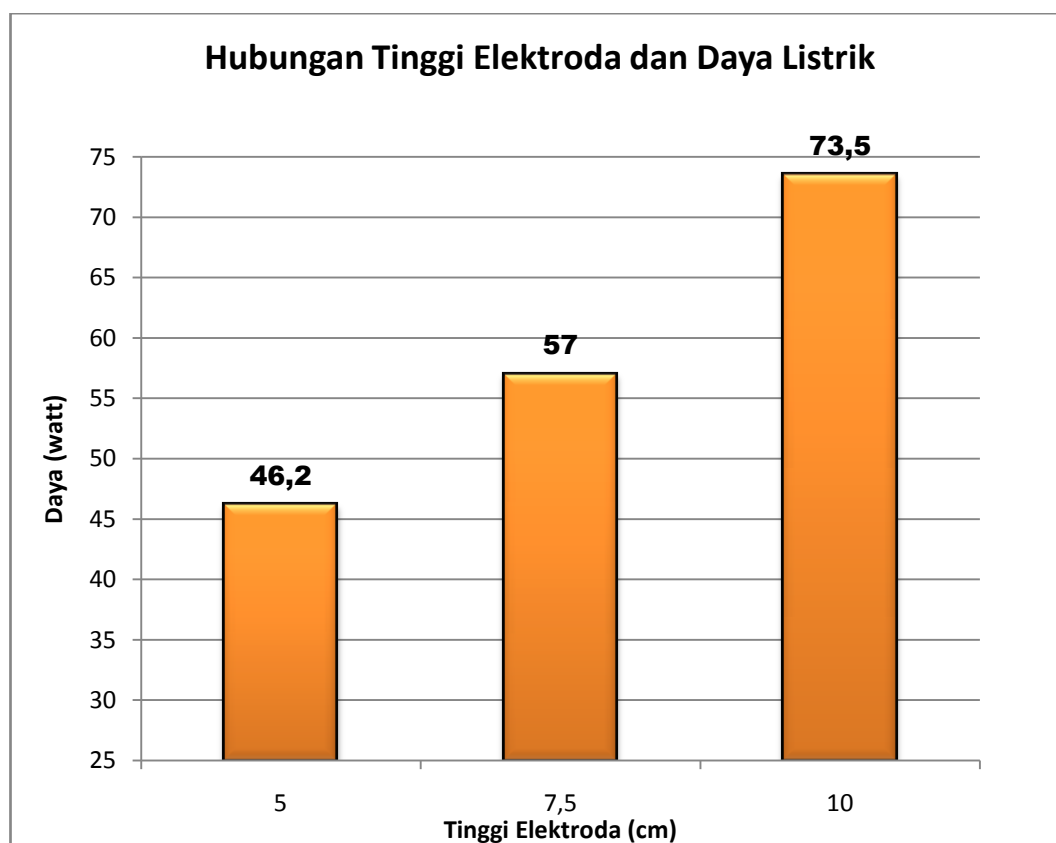
$$= 46,2 \text{ watt} \quad \text{dst.}$$

Perhitungan penggunaan daya bisa dijelaskan dengan Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Daya yang Digunakan REB-AB

No	Tinggi Elektroda (cm)	Arus (ampere)	Tegangan (volt)	Daya (watt)
1	5	3,3	14	46,2
2	7,5	3,8	15	57
3	10	4,9	15	73,5

Dengan demikian semakin luas bidang kontak elektroda maka semakin besar pula penggunaan daya listrik. Informasi penggunaan daya listrik setiap variasi tinggi elektroda bisa ditampilkan dalam Gambar 4.2.



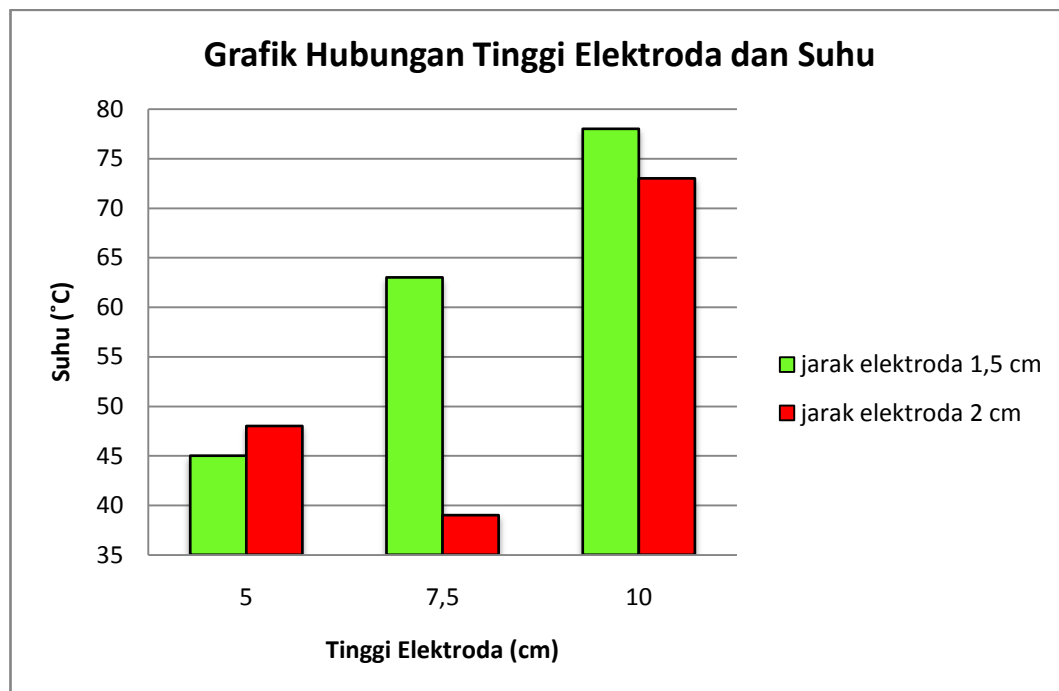
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Tinggi Elektroda dan Penggunaan Daya Listrik

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa penggunaan daya listrik sebanding dengan tinggi elektroda, sehingga tinggi elektroda mempengaruhi efisiensi dalam penggunaan energi listrik.

Hubungan tinggi elektroda dengan penggunaan arus dan daya listrik pada rangkaian REB-AB memiliki persamaan yang sebanding. Tinggi elektroda merupakan faktor besarnya REC. REC yang besar memiliki luasan elektroda yang luas, sehingga arus listrik yang diperlukan oleh reaktor agar bisa berreaksi sempurna harus mengalir pada seluruh komponen elektroda. Dengan demikian diperlukan arus yang besar untuk mengoperasikan reaktor dengan REC yang besar, karena semakin besar REC semakin besar pula penggunaan arus dan daya listrik untuk mengoperasikan REB-AB.

4.2.2 Suhu

Kelemahan reaktor elektrokimia adalah timbulnya suhu yang relatif tinggi dibanding metode pengolahan limbah cair lainnya. Penelitian ini juga menganalisis komponen reaktor yang menghasilkan panas yang tidak besar. Berikut disajikan informasi suhu yang timbul akibat proses elektrolisis dengan REB-AB yang bisa dilihat pada Gambar 4.3.

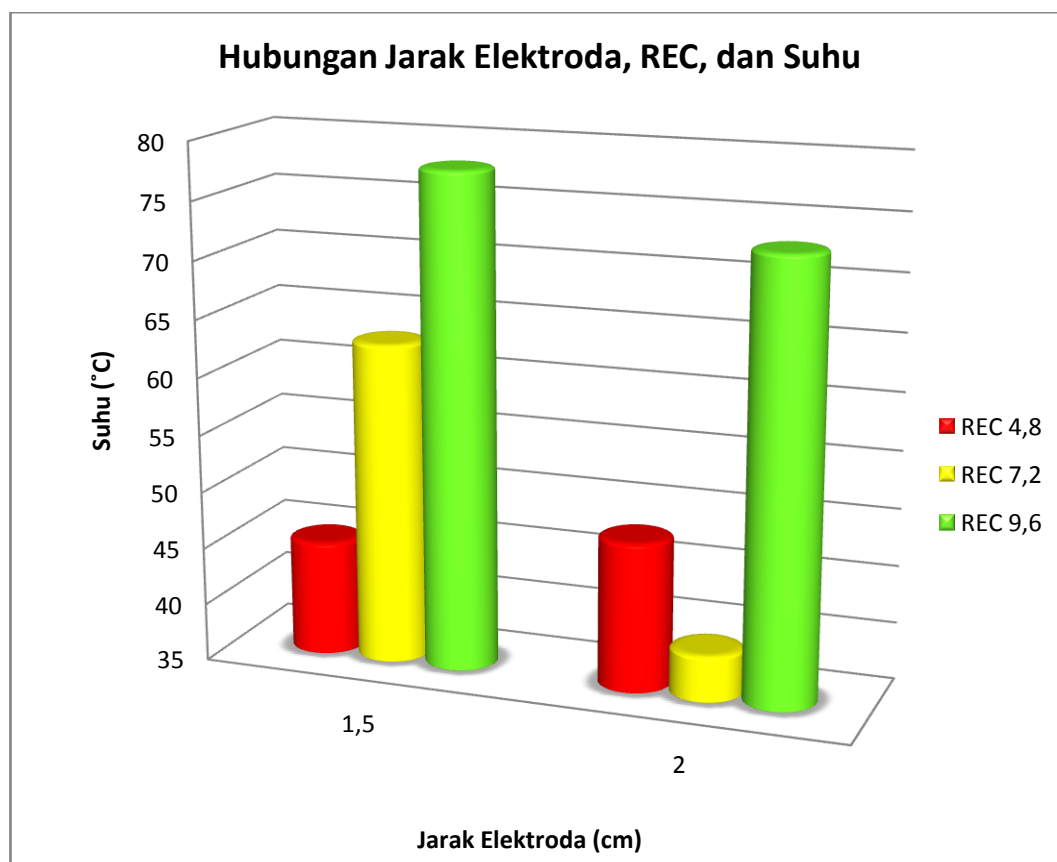


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Tinggi Elektroda dan Suhu

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa rangkaian dengan jarak elektroda 1,5 cm memiliki kecenderungan semakin tinggi elektroda, semakin besar pula suhu yang ditimbulkan selama proses pengolahan air limbah batik. Hal ini dikarenakan luas

kontak yang besar akan mempengaruhi penggunaan daya yang menimbulkan panas saat proses elektrolisis. Akan tetapi ada anomali yang terjadi pada rangkaian dengan elektroda yang memiliki jarak 2 cm tinggi elektroda 7,5 cm. Kecenderungan tinggi elektroda dan suhu yang sebanding tidak terjadi. Hal ini dikarenakan rangkaian elektroda mengalami keausan (kerusakan) akibat proses pengurangan massa yang dialami oleh aluminium yang difungsikan sebagai anoda. Proses pengurangi massa Aluminium menjadikan keropos dan membuat rangkaian tidak utuh lagi. Kondisi ini membuat arus listrik tidak berjalan normal sehingga suhu yang ditimbulkan juga tidak mencerminkan kecenderungan yang sama pada komposisi elektroda dengan jarak 1,5 cm.

Analisis juga dilakukan berdasarkan jarak elektroda untuk mengetahui apakah jarak elektroda memiliki pengaruh pada suhu yang timbul pada proses pengolahan air limbah dengan REB-AB. Untuk mempermudah analisis, disajikan informasi melalui Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Jarak Elektroda dan Suhu

Gambar 4.4 menunjukkan kecenderungan jarak elektroda 1,5 cm memiliki pengaruh lebih besar terhadap suhu yang ditimbulkan. Dengan jarak elektroda 1,5 cm, proses pengolahan pada REB-AB menghasilkan suhu yang relatif lebih besar dibandingkan dengan dengan komponen REB-AB dengan jarak elektroda 2 cm. Sehingga jarak elektroda juga memperngaruhi timbulan panas pada reaktor.

Secara teoritis, hubungan tinggi elektroda dengan suhu serta hubungan jarak elektroda dengan suhu adalah sebanding. Semakin tinggi elektroda, semakin besar REC, maka semakin besar pula suhu yang ditimbulkan selama proses pengolahan. Bila dihubungkan dengan penggunaan arus, REC besar memerlukan arus yang besar pula. Sedangkan dalam hal jarak antara elektroda, jarak antara anoda dan katoda, yang dipasang pada reaktor memiliki pengaruh timbulan suhu dikarenakan jarak yang dekat akan mempersingkat waktu reaksi elektrolisis. Sehingga suhu yang timbul akan meningkat secara cepat.

Dalam penelitian yang dilakukan pada kinerja REB-AB ini, berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa suhu yang ditimbulkan oleh komponen REB-AB dipengaruhi oleh REC dan jarak elektroda. REC yang besar menimbulkan suhu yang tinggi, karena arus yang mengalir pada komponen dengan REC besar juga lebih besar. Hubungan jarak elektroda dengan suhu memiliki kecenderungan menimbulkan suhu yang tinggi dengan jarak yang lebih dekat. Karena dengan jarak yang dekat maka proses elektrolisis akan terjadi dengan siklus yang lebih pendek sehingga reaksi yang cepat ini akan menimbulkan suhu yang tinggi. Dengan demikian, semakin besar REC maka semakin tinggi suhu yang ditimbulkan, serta semakin kecil jarak antar elektroda akan menghasilkan suhu yang besar.

4.2.3 Efisiensi

Efisiensi REB-AB didasarkan pada hasil pengujian adsorpsi zat terlarut dengan menggunakan alat spektrofotometer yang memanfaatkan serapan panjang gelombang cahaya tampak. Efisiensi hasil pengolahan dengan REB-AB bisa dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Panjang Gelombang dengan Spektrofotometer

No	Kode Sampel	Hasil Analisis (Å)				Efisiensi 0,85
		I	II	III	Rerata	
1	Sampel In	1,937	2,172	2,226	2,112	-
2	1AB12-5	0,164	0,165	0,164	0,164	80,55 %
3	1AB11-5	0,158	0,162	0,163	0,161	80,95 %
4	2AB12-5	0,406	0,411	0,413	0,410	51,48 %
5	2AB11-5	0,139	0,153	0,135	0,142	83,16 %
6	3AB12-5	0,221	0,220	0,221	0,221	73,89 %
7	3AB11-5	0,412	0,414	0,414	0,413	51,09 %

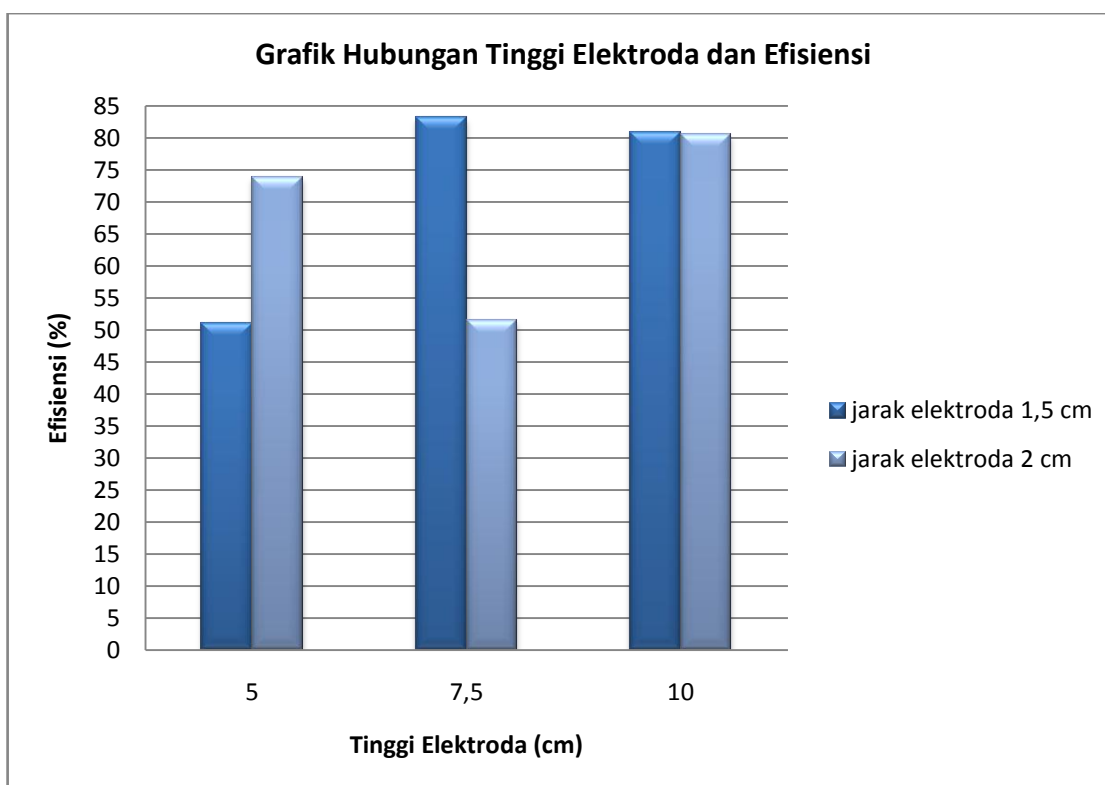
(sumber : Laboratorium Proses, JTK)

Contoh perhitungan sampel 2 :

$$E = \frac{0,85 - 0,164}{0,85} \times 100\%$$

$$= 80,55 \% \quad \text{dst.}$$

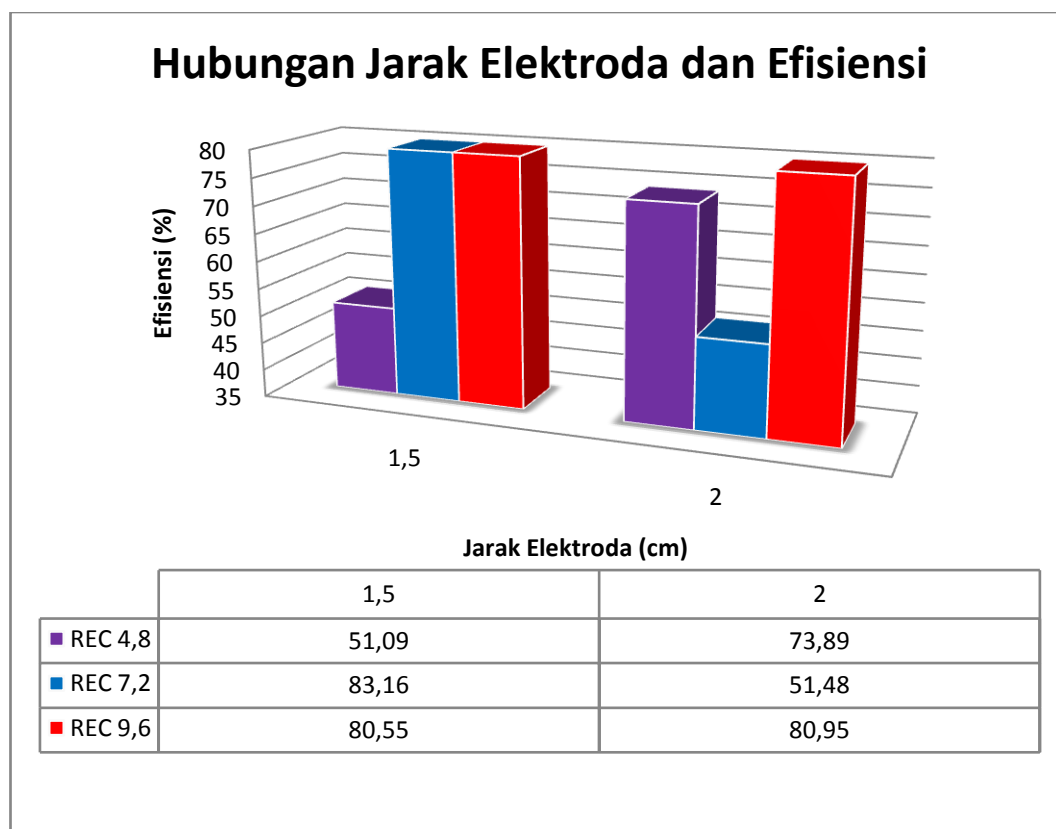
Berdasarkan Tabel 4.4 maka terlihat bahwa efisiensi terbesar terdapat pada rangkaian dengan kode 2AB11-5. Untuk mempermudah membandingkan efisiensi masing-masing komponen bisa dilihat pada Gambar 4.5.

**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Tinggi Elektroda dan Efisiensi

Gambar 4.5 menunjukkan tidak ada kecenderungan yang pasti, akan tetapi memperlihatkan adanya komponen yang paling optimal dari 6 rangkaian yang ada. Rangkaian dengan tinggi elektroda 7,5 cm dan jarak 1,5 cm memiliki angka efisiensi yang paling optimal dengan pengujian spektrofotometer. Adapun rangkaian dengan tinggi elektroda 7,5 cm dan jarak 2 cm terindikasi kegagalan beroperasi didukung dengan parameter suhu dan arus yang mengalami anomali.

Efisiensi REB-AB secara garis besar dipengaruhi oleh ketinggian elektroda. Jadi REC yang besar akan menimbulkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan REC yang kecil. Akan tetapi dari keenam komponen yang ditinjau belum bisa dikatakan kecenderungan yang sebanding karena terdapat data yang mengalami kegagalan proses. Selain itu juga ditemukan penurunan efisiensi pada rangkaian dengan REC 9,6 untuk jarak elektroda 1,5 cm. Sehingga dalam hal efisiensi tidak menjadi parameter utama untuk menarik kesimpulan.

Jarak elektroda juga dianalisis apakah mempengaruhi efisiensi REB-AB. Untuk mempermudah analisis, disajikan dalam Gambar 4.6.

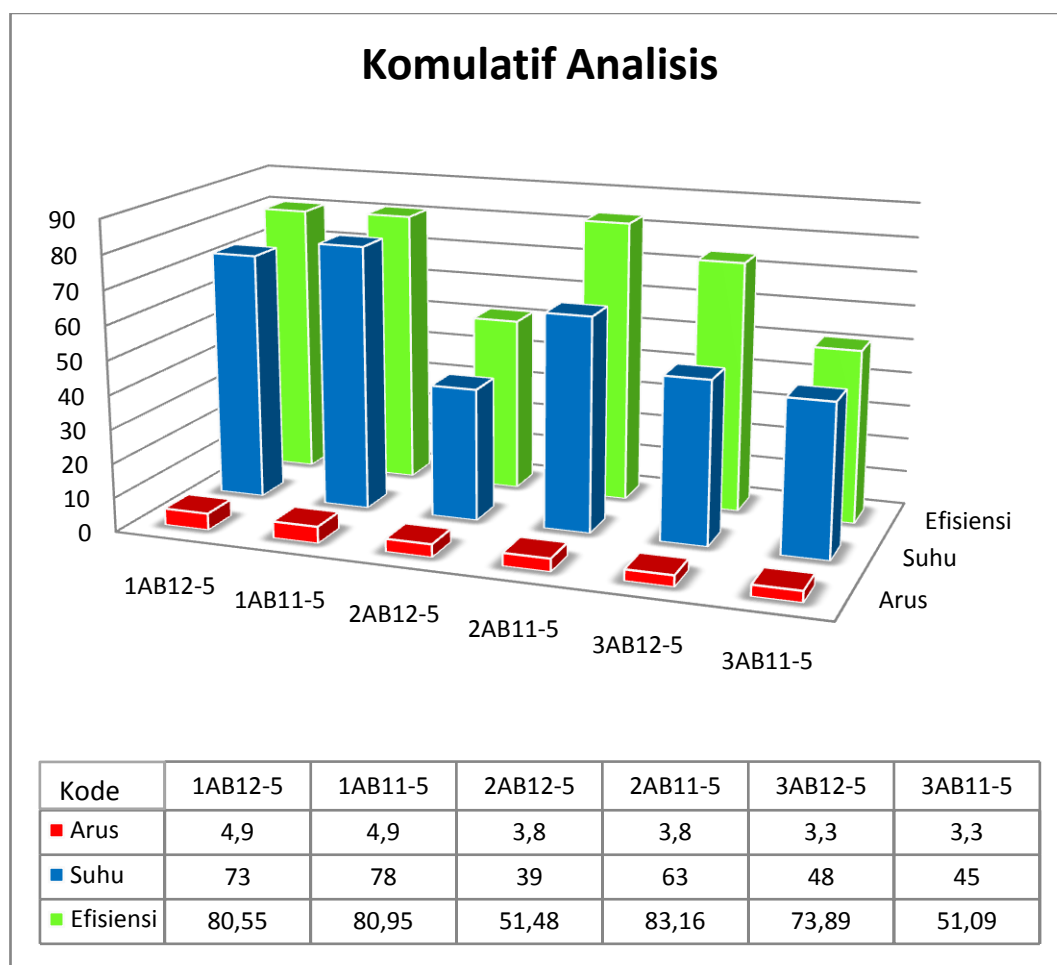


Gambar 4.6 Grafik Hubungan Jarak Elektroda dan Efisiensi

Secara rata-rata komulatif REB-AB dengan jarak elektroda 1,5 cm menghasilkan efisiensi yang tinggi. Tetapi bila dibandingkan secara tunggal antar jarak elektroda dalam satu REC menunjukkan jarak 1,5 menghasilkan efisiensi yang lebih rendah dibanding komponen REB-AB dengan jarak elektroda 2 cm, dengan mengesampingkan anomali yang terjadi pada rangkaian 2AB12-5.

4.2.4 Komulatif Analisis

Untuk mendapatkan rangkaian komponen yang diinginkan, yakni rangkaian yang hemat, efektif, dan efisien maka diperlukan analisis secara komulatif dalam beberapa paramater yang ditinjau, meliputi penggunaan arus, suhu, dan efisiensi. Gambar 4.7 menunjukkan ketiga parameter yang disajikan dalam satu grafik untuk menginformasikan masing rangkaian yang memiliki kelebihan dan kekurangan sehingga bisa ditarik beberapa kesimpulan. Komulatif analisis bisa dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Komulatif Analisis Tiap Rangkaian

Gambar 4.7 menjelaskan informasi tiap rangkaian komponen yang diteliti. Berdasar informasi tersebut bisa dijelaskan sebagai berikut :

1. Arus yang mengalir pada komponen REB-AB terbesar pada rangkaian dengan ketinggian elektroda 10 cm, yakni rangkaian 1AB12-5 dan 1AB11-5, dan arus terkecil pada rangkaian dengan tinggi elektroda 5 cm, yakni pada rangkaian 3AB12-5 dan 3AB11-5. Penggunaan arus ini sama artinya dengan penggunaan daya untuk mengoperasikan REB-AB.
2. Panas yang terjadi selama pengoperasian REB-AB bervariasi dengan kecenderungan semakin besar luasan elektroda semakin besar pula panas yang ditimbulkan oleh REB-AB. Suhu tertinggi terjadi pada rangkaian dengan ketinggian elektroda 10 cm dan suhu terendah pada rangkaian dengan tinggi elektroda 5 cm.
3. Efisiensi terbesar terdapat pada rangkaian 2AB11-5 dan efisiensi terkecil tersapat pada rangkaian 3AB11-5. Efisiensi ini berdasarkan hasil pengujian dengan metode spektrofotometri yang memanfaatkan serapan gelombang cahaya dengan alat spektrofotometer.
4. Terjadi anomali pada rangkaian 2AB12-5 yang diakibatkan oleh aus/rusaknya komponen aluminium akibat reduksi yang terjadi selama proses elektrolisis berlangsung. Aluminium yang bertindak sebagai anoda tereduksi yang pada akhirnya mengikis massa aluminium dan membuat rangkaian putus dan arus tidak bisa mengalir dengan baik pada rangkaian ini. Selanjutnya mengakibatkan rendahnya efisiensi reaktor dalam mengolah limbah cair.

Dari beberapa informasi yang diperoleh dari analisis data tersebut, maka bisa ditarik beberapa kesimpulan. Dengan mempertimbangkan beberapa parameter analisis dan dengan metode penarikan kesimpulan maka dapat diambil informasi hasil penelitian sebagai berikut :

1. Untuk penggunaan arus dan daya listrik yang paling kecil adalah komponen REB-AB dengan REC terkecil, yakni 4,8. Dalam hal ini komponen 3AB12-5 dan 3AB11-5 hanya memerlukan daya listrik 46,2 watt sehingga paling hemat untuk digunakan oleh industri kecil;

2. Dalam hal timbunan panas (suhu), dibutuhkan komponen REB-AB yang menimbulkan suhu paling rendah. Hasil penelitian menunjukkan komponen dengan REC rendah akan menghasilkan suhu yang rendah. Jarak 2 cm menghasilkan suhu yang lebih rendah. Sehingga komponen 3AB12-5 adalah komponen REB-AB yang paling baik digunakan bila ditinjau dalam hal timbunan panas;
3. Parameter efisiensi diperoleh informasi bahwa tidak terjadi kecenderungan yang sebanding maupun berbanding terbalik, akan tetapi diperoleh efisiensi terbesar didapatkan dari komponen 2AB11-5.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan dalam penelitian kinerja REB-AB dengan variasi REC untuk pengolahan air limbah batik dan mempertimbangkan hasil kinerja reaktor yang memiliki efisiensi paling optimal dengan timbulan suhu dan penggunaan daya yang relatif kecil maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kinerja REB-AB dengan REC 7,2 dan jarak elektroda 1,5 cm memiliki efisiensi paling besar, yakni 83,16 %. Sedangkan efisiensi paling rendah adalah REB-AB dengan REC 4,8 dan jarak elektroda 1,5 cm sebesar 51,09 %.
2. Besar arus listrik (I) yang terjadi saat pengolahan air limbah batik paling besar terjadi pada komponen REB-AB dengan REC 9,6 dan paling rendah pada REB-AB dengan REC 4,8. Sedangkan untuk timbulan suhu panas (T) terjadi panas tertinggi pada REC 9,6 dengan jarak elektroda 1,5 cm dan suhu terendah pada komponen REB-AB dengan REC 7,2 dengan jarak elektroda 2 cm dikarenakan terdapat kegagalan operasi akibat putusnya komponen elektroda yang menghubungkannya pada sumber listrik. Dengan demikian, penggunaan arus listrik dan timbulan suhu panas selama pengoperasian REB-AB berbanding lurus terhadap REC.

5.2. Saran

Analisis terhadap kinerja REB-AB dengan variasi REC untuk pengolahan air limbah batik dapat menyarankan beberapa hal, antara lain :

- a) Pemanfaatan REB-AB sebagai pengolah air limbah batik pada industri batik skala kecil (*home industry*) harus mempertimbangkan segi hemat energi, timbulan panas yang relatif kecil, dan efisiensi yang paling optimal; dan
- b) Perlu adanya penelitian lanjutan yang mampu merumuskan komponen REB-AB dengan variasi komponen-komponen lainnya yang mampu meminimalisir penggunaan daya listrik dan timbulan suhu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alchemizt. 2001. *Flotasi*. <http://www.scribd.com/doc/38815115/flotasi-1>. [22 Maret 2014]
- Annas. 2011. *Karakteristik limbah cair*. <http://nas-annas.blogspot.com/2011/01/karakteris-tik-limbah-cair.html>. [7 April 2014]
- Anonim. 1985. *Ringkasan Reator Kimia. Bagian 1*. Yogyakarta : FT UGM.
- Apriani, L. 2012. <http://nurul.kimia.upi.edu/arsipkuliah/web2012/0905717/deret%20volta.html>. [7 Mei 2014]
- Ardra. 2004. *Pengolahan Pemisahan Mineral Bijih Secara Flotasi*. <http://ardra.biz/sain-teknologi/mineral/pengolahan-mineral/pemisahan-secara-flotasi>. [22 Maret 2014]
- Atkins, P.W. 1990. *Kimia Fisika Jilid 2 Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga.
- Daryoko, M. 2009. *Strategi Dekomisioning Fasilitas Pemurnian Asam Fosfat Petrokimia*. Banten : RISTEK.
- Gandjar, I.G. dan Abdul Rohman. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Keenan. 1999. *Kimia Untuk Universitas*. Jakarta : Erlangga.
- Muchayat dan Widjaja, T., 2004, *Studi Kinerja Pact Proses Dalam Merespon Bahan Organik Berbasis Phenol*. Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi 3 (3) 77-83.
- Purwaningsih, I. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV Batik Indah Rara Jonggrang Yogyakarta dengan Metode Elektrokoagulasi ditinjau dari Parameter COD dan Warna*. Penelitian UII Yogyakarta : tidak diterbitkan.
- Saptoraharjo, A. 2003. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Terjemahan dari *Basic Concept of Analytical Chemistry* by Khopkar. 1990. Jakarta : UI Press.
- Sari, N.K. 2009. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Elektrokoagulasi*. Makalah Pendidikan Sains Pascasarjana UNS. Surakarta : tidak diterbitkan.
- Siregar, S.A. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta : Kanisius
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta : UI Press.
- Sukardjo. 1990. *Kimia Anorganik*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Susilo, H.B. 2013. *Kinerja Unit Pengolah Air Limbah Reaktor Elektrokimia untuk Pengolahan Air Limbah Batik di Kelurahan Sondakan*. Tugas Akhir Diploma Teknik Sipil. Surakarta : tidak diterbitkan.
- Syabatini, A. 2009, *Kinetika Adsorpsi* (online), <http://annisanfushie.wordpress.com/2009/07/17/mempelajari-kinetika-adsorpsi/>. [22 April 2014]
- Tony, B. 1987. *Kimia Fisika Untuk Universitas*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.

- Utomo, B. 2013. *Optimasi Kinerja Unit Pengolahan Air Limbah Reaktor Elektrokimia Batch (UPAL-REB) untuk Melayani Home Industry Batik*. Penelitian Hibah Bersaing Dosen LPPM UNS. Surakarta : tidak diterbitkan.
- Zulfikar. 2010. *Hukum Faraday*. http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-kesehat-an/reaksi-kimia-kimia-kesehatan-materi_kimia/hukum-faraday/. [22 April 2014]

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Tabel A.1 Data Hasil Spektrofotometer Pengolahan Air Limbah Batik dengan REB-AB

No	Kode Sampel	Panjang Gel Puncak	Hasil Analisa (Å)			Rata-rata	Suhu saat Pengolahan (°C)
			I	II	III		
1	Sampel In	587	1.937	2.172	2.226	2.112	
2	1AB12-3	587	0.264	0.265	0.264	0.264	55
3	1AB12-4	587	0.019	0.017	0.017	0.018	71
4	1AB12-5	587	0.164	0.165	0.164	0.164	73
5	1AB12-6	587	0.092	0.092	0.093	0.092	71
6	1AB11-3	587	0.264	0.263	0.262	0.263	69
7	1AB11-4	587	0.014	0.014	0.014	0.014	81
8	1AB11-5	587	0.158	0.162	0.163	0.161	78
9	1AB11-6	587	0.149	0.151	0.153	0.151	77
10	1AB22-3	587	0.113	0.109	0.099	0.107	80
11	1AB22-4	587	0.234	0.227	0.245	0.235	87
12	1AB22-5	587	0.033	0.034	0.034	0.034	83
13	1AB22-6	587	0.021	0.038	0.047	0.035	84
14	2AB12-3	587	0.084	0.089	0.098	0.090	58
15	2AB12-4	587	0.168	0.170	0.169	0.169	59
16	2AB12-5	587	0.406	0.411	0.413	0.410	39
17	2AB12-6	587	0.034	0.034	0.034	0.034	71
18	2AB11-3	587	0.059	0.059	0.063	0.060	64
19	2AB11-4	587	0.125	0.140	0.132	0.132	74
20	2AB11-5	587	0.139	0.153	0.135	0.142	63
21	2AB11-6	587	0.095	0.094	1.094	0.428	89
22	2AB22-3	587	0.023	0.027	0.028	0.026	75
23	2AB22-4	587	0.057	0.056	0.056	0.056	84
24	2AB22-5	587	0.093	0.092	0.073	0.086	79
25	2AB22-6	587	0.194	0.193	0.193	0.193	93
26	3AB12-3	587	0.051	0.051	0.051	0.051	50
27	3AB12-4	587	0.246	0.246	0.246	0.246	54
28	3AB12-5	587	0.221	0.220	0.221	0.221	48
29	3AB12-6	587	0.161	0.161	0.161	0.161	64
30	3AB11-3	587	0.246	0.246	0.246	0.246	54
31	3AB11-4	587	0.266	0.266	0.266	0.266	55
32	3AB11-5	587	0.412	0.414	0.414	0.413	45
33	3AB11-6	587	0.146	0.146	0.146	0.146	70
34	3AB22-3	587	0.045	0.045	0.044	0.045	66
35	3AB22-4	587	0.057	0.056	0.056	0.056	75
36	3AB22-5	587	0.033	0.033	0.034	0.033	64
37	3AB22-6	587	0.027	0.025	0.026	0.026	75

Keterangan :

Dilakukan pengenceran 25 kali pada sampel pekat
1 ml sampel pekat diencerkan dalam 25 ml aquades

Tabel A.2 Data Penggunaan Daya Listrik Pengolahan Air Limbah Batik dengan REB-AB

No	Tinggi Elektroda (cm)	Waktu Tinggal (menit)	ACA		DCA		DCV	
			awal	akhir	awal	akhir	awal	akhir
1	10	30	5.5	6.6	21.5	27.8	14	14
2	10	40	5.6	5.6	21.5	26.2	14	14
3	10	50	4.7	5.1	26.2	17.2	14	14
4	10	60	3.6	4.8	10.9	18.4	14	14
5	7.5	30	4.5	6.5	15.8	24.7	15	14
6	7.5	40	4.8	6.3	14.4	26.4	15	15
7	7.5	50	4.2	3.4	10.3	9.4	15	15
8	7.5	60	4.6	7.1	15.0	27.8	15	14
9	5	30	3.2	3.9	11.9	15.8	15	15
10	5	40	3.7	3.9	10.8	11.8	15	14
11	5	50	3.2	3.4	7.8	10.3	15	15
12	5	60	3.4	4.8	11.0	17.5	15	14

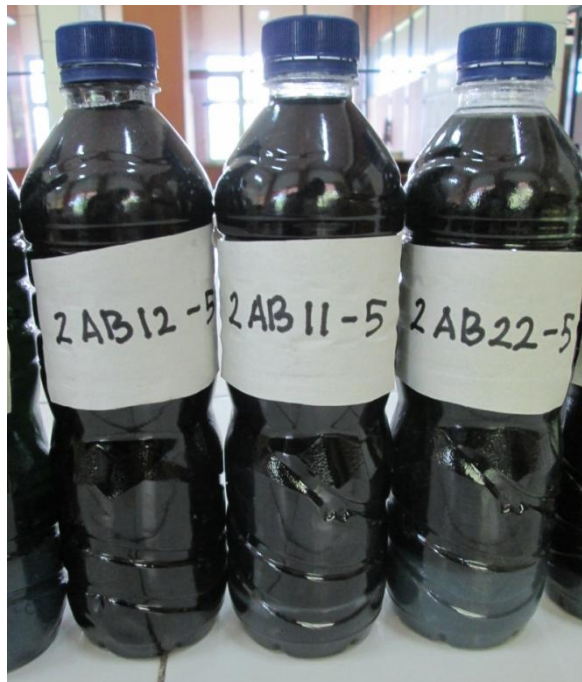
Dokumentasi Hasil Pengolahan Air Limbah Batik dengan REB-AB



(a)

(b)

Gambar A.1 (a) Sampel In; (b) Hasil Pengolahan dengan REB-AB REC=4,8



Gambar A.2 Hasil Pengolahan dengan REB-AB REC=7,2



Gambar A.3 Pengumpulan Zat Terlarut saat Proses Pendinginan

KOORDINATOR TUGAS AKHIR (TA)
PROGRAM DIII TEKNIK SIPIL JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA

Kepada Yth :

Ketua Program DIII Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta

Dengan ini diusulkan untuk Tugas Akhir (TA) kepada mahasiswa :

Nama : AFIF MUCHSHON
NIM : 18711002
Tema TA : PENGELOLAAN LIMBAH

Dengan Judul TA :

KINERJA REAKTOR ELEKTROKIMIA BATCH
ALUMINIUM DAN BESI DENGAN VARIASI RASIO
ELEKTRODA CAIRAN UNTUK PENGOLAHAN AIR
LIMBAH BATIK

Usulan Pembimbing :

1. Ir. Budi Utomo, MT NIP 19600629 198702 1 002
2. - NIP -

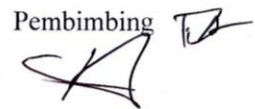
Berita acara ini dibuat untuk memenuhi prosedur Tugas Akhir (TA) bagi mahasiswa di
Program Studi DIII Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Surakarta, 7 Februari 20 14

Koordinator TA


Ir. Sudarto, M.Si.
NIP 19570327 198603 1 002

Pembimbing


Ir. Budi Utomo, MT
NIP 19600629 198702 1 002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI D-III TEKNIK SIPIL
Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126, Telp. (0271) 634524, 7089484

DISPOSISI

Terima tanggal

: 10 Februari 2019

Jenis Surat/Permohonan : a. Dinas

b. Pengantar survey KP/TA

c. Permohonan Pembimbing/Penguji KP/TA

d. Transkrip Akademik/KHS/KRS.

e. Lain-lain.

Surat dari / pemohon :

Nama

: AFIF MUCHSHON

NIM/NIP

: 18711002

Semester

: VI

Tujuan Surat Pengantar :

: Dosen Pembimbing TA

Ir. Budi Utomo, M.T.

Administrator,

Apabila kelompok harap diisi dengan lengkap
pada tempat kosong halaman ini



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57125 Telp. 0271634524 email : civiluns@uns.ac.id

DAFTAR NILAI MATAKULIAH

Nama Mahasiswa - NIM : AFIF MUCHSHON - 18711002
Tempat dan Tanggal Lahir : KARANGANYAR, 17 Januari 1993
Program Studi : D3 TEKNIK SIPIL INFRASTRUKTUR PERKOTAAN

SEMESTER 1

Kode	Matakuliah	SKS	Nilai	SKS x Nilai
D098710112	Pendidikan Agama	2	4	8
D098710212	Bahasa Inggris	2	3	6
D098710312	Bahasa Indonesia/TTL	2	4	8
D098710512	Pendidikan Pancasila	2	4	8
D098720112	Matematika Terapan	2	4	8
D098720212	Fisika Terapan	2	4	8
D098720312	Menggambar Teknik	2	3	6
D098720412	Komputer Dasar	2	4	8
D098730112	Mekanika Rekayasa I	2	4	8
D098730212	Konsep Teknologi dan Rekayasa Lingkungan	2	4	8
D098730312	Bahan Bangunan	2	2	4

SEMESTER 3

Kode	Matakuliah	SKS	Nilai	SKS x Nilai
D098731132	Mekanika Rekayasa III	2	3	6
D098731232	Laboratorium Uji Tanah	2	4	8
D098731332	Struktur Beton	2	3	6
D098731432	Struktur Baja	2	3	6
D098731532	Hidrologi	2	4	8
D098740132	Infrastruktur Perkotaan II	2	3	6
D098740232	CAD II	2	4	8
D098740332	Konstruksi Perkerasan Jalan	2	3	6
D098750132	Kewirausahaan	2	3	6
D098750232	Etika Profesi dan Bisnis	2	4	8

SEMESTER 5

Kode	Matakuliah	SKS	Nilai	SKS x Nilai
D098732252	Ekonomi Rekayasa	2	4	8
D098740852	Teknik Pelaksanaan dan OP	2	4	8
D098740952	Jaringan Saluran Terbuka	2	3	6
D098741052	Laboratorium Konstruksi Dasar	2	4	8
D098741152	Pengelolaan Limbah	2	4	8
D098741252	Estimasi Biaya	2	3	6
D098741352	Banjir dan Drainase Perkotaan	2	4	8
D098741452	Perencanaan Penataan Kota	2	3	6
D098741552	Bangunan Air	2	4	8
D098741652	Pemindahan Tanah Mekanik	2	3	6

SEMESTER 2

Kode	Matakuliah	SKS	Nilai	SKS x Nilai
D098710622	Pendidikan Kewarganegaraan	2	4	8
D098720522	Statistik	2	3	6
D098730422	Mekanika Rekayasa II	2	4	8
D098730522	Ilmu Ukur Tanah	3	3	9
D098730622	Mekanika Tanah	2	3	6
D098730722	CAD I	2	4	8
D098730822	Teknik Lalu Lintas	2	3	6
D098730922	Mekanika Fluida dan Jaringan Perpipaan	2	4	8
D098731022	Infrastruktur Perkotaan I	2	4	8

SEMESTER 4

Kode	Matakuliah	SKS	Nilai	SKS x Nilai
D098731642	Pengembangan Sumber Daya Air	2	4	8
D098731742	Rekayasa Penyehatan	2	4	8
D098731842	Pengantar Penataan Kota	2	4	8
D098731942	Pengetahuan Gempa	2	3	6
D098732042	Manajemen Konstruksi	2	3	6
D098732142	Instalasi Jaringan Listrik dan Telekomunikasi	2	4	8
D098740442	Geometri Jalan Perkotaan	2	4	8
D098740542	Struktur Kayu	2	4	8
D098740642	Rekayasa Pondasi	2	4	8
D098740742	Konservasi Tanah dan Air	2	4	8

SEMESTER 6

Kode	Matakuliah	SKS	Nilai	SKS x Nilai
D098741862	Kerja Praktek	2	4	8
D098750362	K3 dan Hukum Ketenagakerjaan	2	4	8
D098750462	Aspek Hukum dalam Industri Konstruksi	2	3	6

Jumlah SKS Lulus:107
Jumlah SKS Ambil: 107
Jumlah SKS Ambil X Nilai : 385
Indek Prestasi Kumulatif : 3,60

Surakarta, 5 Juni 2014
Pembimbing Akademik

Ir.Suyanto, MM
NIP. 195203171985031001





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI DIII TEKNIK SIPIL

Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126 Telp. (0271) 7089484

Nomor : 26 /UN27.8.8.2/PP-TA-336/2014.
Lampiran : Soal Tugas Akhir.
Hal : Permohonan Pembimbing Tugas Akhir (TA).

Kepada Yth :
Ir. Budi Utomo, MT
Pembimbing Tugas Akhir Program Studi D-III Teknik Sipil
Di Surakarta.

Dengan hormat,
Guna mendapatkan pengalaman dalam bidang perencanaan, maka dengan ini
dimohon kesediaan Bapak/Ibu sebagai Pembimbing Tugas Akhir (TA)
mahasiswa :

Nama : AFIF MUCHSHON

NIM : 18711002

Demikian, atas perhatian dan terkabulnya permohonan kami, kami ucapkan
terima kasih.

Surakarta, 10 Februari 2014
Sekretaris Program Studi D-III T. Sipil

Ir. Adi Yusuf Muttaqin, MT
NIP. 195811271988031001

Catatan :

1. Terhitung 1 (satu) minggu sejak tanggal Surat Permohonan Pembimbing Tugas Akhir ini, mahasiswa harus sudah konsultasi/menyerahkan surat ini kepada Pembimbing Tugas Akhir. Melebihi ketentuan tersebut tanpa alasan dari Pembimbing Tugas Akhir, maka mahasiswa dapat dikenakan sanksi penundaan selama 2 (dua) bulan.
2. Batas penyelesaian Tugas Akhir tanggal : 10 Juli 2014



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI DIII TEKNIK SIPIL**

Jln. Ir. Sutami 36 A Ketingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126 Telp. (0271) 7089484

LEMBAR KOMUNIKASI DAN PEMANTAUAN

Mata Kuliah : Tugas Akhir
Nama Mahasiswa : Afif Muchshon NIM : I8711002
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil/DIII Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan
Dosen : Ir. Budi Utomo, M.T. NIP : 19600629 198702 1 002

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
	25/3/14	1. Beri uraian kalimat untuk menerangkan Tabel, gambar dengan menyebut no nya. 2. Daftar pustaka, agar disesuaikan antara yg tercantum dan isi di DP. nama pustaka pada isi agar singkat nama & tahun. 3. Tata tulis surat pengantar 4. Hal lain yang di sukuri sy & 3 teman ane.	
	16/4/14	Bab 2 ditambah kamus FATHI Bab 3. Metode ditambah Variasi data akan di kumpulkan dan hasil penelitian. Suhu data di kumpulkan & list kembali. Bab 4 Data hasil Variasi pengantar pustaka & singkat pada Bab 2.	



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI DIII TEKNIK SIPIL**

Jln. Ir. Sutami 36 A Ketingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126 Telp. (0271) 7089484

LEMBAR KOMUNIKASI DAN PEMANTAUAN

Mata Kuliah : Tugas Akhir
Nama Mahasiswa : Afif Muchshon NIM : I8711002
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil/DIII Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan
Dosen : Ir. Budi Utomo, M.T. NIP : 19600629 198702 1 002

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
	7/2014 05	<p>Bab 4</p> <ol style="list-style-type: none">1. Sub bab awal → Data Hasil Penelitian2. Tabulasi data lebih diper ringkas rinci pada pembahasan3. Hilangkan penjelasan kolom. bila ingin per detail pemberian kode, tulis pada Metodologi Penelitian4. Sub bab Analisis dan Pembahasan<ul style="list-style-type: none">- tambahkan hubungan antara jarak elektrode dengan arus<ul style="list-style-type: none">— u — dengan suhu— u — dengan efisiensi- perjelas pembahasan arus dan hubungan penggunaan daya.5. kembangkan font size dalam persamaan, keterangan formula tidak ditampilkan!6. Tambahkan metode pengambilan kesimpulan (diskriptif kualitatif) pada sub bab analisis data di Bab 3. <p>7. Bab 2 → bahas derivatif.</p>	



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
PRODI DIII TEKNIK SIPIL**

Jln. Ir. Sutami 36 A Ketingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126 Telp. (0271) 7089484

LEMBAR KOMUNIKASI DAN PEMANTAUAN

Mata Kuliah : Tugas Akhir
Nama Mahasiswa : Afif Muchshon NIM : I8711002
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil/DIII Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan
Dosen : Ir. Budi Utomo, M.T. NIP : 19600629 198702 1 002

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
	14/2014. 05	<p>Bab 4</p> <ul style="list-style-type: none">- tambahkan pembahasan hasil analisis apakah sesuai dengan teori yang ada, meliputi: suhu, arus dan efisiensi.- analisis komulatif & tambahkan pertimbangan & kesimpulan sesuai metode penarikan kesimpulan- tambahkan pembahasan mengenai deret volta.- lengkap lampiran.	
	26/5/14	<ul style="list-style-type: none">- bel 13, Notasi tabel & gambar- susun kesimpulan akhir yang runtut- Rumus & masalah- tulis abstrak.- ambil hasil penelitian RE dari laporan.	



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
PRODI DIII TEKNIK SIPIL**

Jln. Ir. Sutami 36 A Ketingan, Surakarta, Jawa Tengah 57126 Telp. (0271) 7089484

LEMBAR KOMUNIKASI DAN PEMANTAUAN

Mata Kuliah : Tugas Akhir
Nama Mahasiswa : Afif Muchshon NIM : I8711002
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil/DIII Teknik Sipil Infrastruktur Perkotaan
Dosen : Ir. Budi Utomo, M.T. NIP : 19600629 198702 1 002

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
	2/14 6/14	Diperbaiki / dihapus - skema - keripik Sel 2A & 2B ke Mekanik presentasi 12 presentasi - 12	